

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

J1011 U.S. PTO
10/068166
02/06/02

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2001年 2月 7日

出 願 番 号

Application Number:

特願2001-030651

出 願 人

Applicant(s):

日本板硝子株式会社

CERTIFIED COPY OF
PRIORITY DOCUMENT

2001年12月21日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

及川耕造



【書類名】 特許願

【整理番号】 R4722

【提出日】 平成13年 2月 7日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 G02B 5/17

【発明者】

 【住所又は居所】 大阪府大阪市中央区北浜四丁目 7 番 2 8 号 日本板硝子株式会社内

 【氏名】 遠山 實

【発明者】

 【住所又は居所】 大阪府大阪市中央区北浜四丁目 7 番 2 8 号 日本板硝子株式会社内

 【氏名】 橘高 重雄

【特許出願人】

 【識別番号】 000004008

 【氏名又は名称】 日本板硝子株式会社

【代理人】

 【識別番号】 100095555

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 池内 寛幸

 【電話番号】 06-6361-9334

【選任した代理人】

 【識別番号】 100076576

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 佐藤 公博

【選任した代理人】

 【識別番号】 100107641

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 鎌田 耕一

【選任した代理人】

【識別番号】 100110397

【弁理士】

【氏名又は名称】 梶丘 圭司

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 012162

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9814185

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 結像光学装置

【特許請求の範囲】

【請求項1】 半径方向に屈折率分布を有するロッドレンズを、その光軸が互いに平行となるように2列に複数本配列したロッドレンズアレイと、前記ロッドレンズアレイの両側に配置された原稿面及び像面とを備えた結像光学装置であって、前記ロッドレンズの光軸から測った径方向の距離を r 、前記ロッドレンズの光軸上での屈折率を n_0 、屈折率分布係数を g 、 h_4 、 h_6 、 h_8 としたとき、前記ロッドレンズの屈折率分布が下記（数1）によって表記され、かつ、前記屈折率分布係数 h_4 、 h_6 、 h_8 が、 h_4 を x 軸、 h_6 を y 軸、 h_8 を z 軸とする直交座標における回転楕円体上にあり、前記直交座標の原点から前記回転楕円体の中心に至るベクトルを O^* 、前記回転楕円体の長軸方向、中軸方向、短軸方向のベクトルをそれぞれ A^* 、 B^* 、 C^* としたとき、前記回転楕円体が下記（数2）によって表記されるベクトル X^* で規定されることを特徴とする結像光学装置。

【数1】

$$n(r)^2 = n_0^2 \cdot \{1 - (g \cdot r)^2 + h_4 \cdot (g \cdot r)^4 + h_6 \cdot (g \cdot r)^6 + h_8 \cdot (g \cdot r)^8\}$$

【数2】

$$X^* = (x, y, z) = O^* + k_A A^* + k_B B^* + k_C C^*$$

$$k_A^2 + k_B^2 + k_C^2 \leq 1$$

【請求項2】 下記（数3）を満たす請求項1に記載の結像光学装置。

【数3】

$$k_A^2 + k_B^2 + k_C^2 \leq 0.7$$

【請求項3】 ロッドレンズの光軸上での屈折率 n_0 が、 $1.4 \leq n_0 \leq 1.8$ の範囲にある請求項1に記載の結像光学装置。

【請求項4】 屈折率分布係数 g とロッドレンズのレンズ作用をなす部分の半径 r_0 との積 $g \cdot r_0$ が、 $0.04 \leq g \cdot r_0 \leq 0.27$ の範囲にある請求項1に記載の結像光学装置。

【請求項5】 $f(r)$ を r の関数としたとき、ロッドレンズの屈折率分布が下記(数4)によって表記され、上記(数2)によって規定される範囲にある2種類の屈折率分布係数の組 $(n_0, g, h_{4A}, h_{6A}, h_{8A})$ 、 $(n_0, g, h_{4B}, h_{6B}, h_{8B})$ に対し、前記 $f(r)$ が $0 \leq r \leq r_0$ (r_0 : ロッドレンズのレンズ作用をなす部分の半径) の範囲にわたって下記(数5)の関係を満たす請求項1に記載の結像光学装置。

[数4]

$$n(r)^2 = n_0^2 \cdot \{1 - (g \cdot r)^2 + f(r)\}$$

[数5]

$$h_{4A} \cdot (g \cdot r)^4 + h_{6A} \cdot (g \cdot r)^6 + h_{8A} \cdot (g \cdot r)^8 \\ \leq f(r) \leq h_{4B} \cdot (g \cdot r)^4 + h_{6B} \cdot (g \cdot r)^6 + h_{8B} \cdot (g \cdot r)^8$$

【請求項6】 ロッドレンズのレンズ作用をなす部分の半径 r_0 が、 $0.05 \text{ mm} \leq r_0 \leq 0.60 \text{ mm}$ の範囲にある請求項1～5のいずれかに記載の結像光学装置。

【請求項7】 ロッドレンズのレンズ作用をなす部分の半径を r_0 、隣接する前記ロッドレンズの光軸間距離を $2R$ としたとき、 r_0/R が、 $0.5 \leq r_0/R \leq 1.0$ の範囲にある請求項1～5のいずれかに記載の結像光学装置。

【請求項8】 ロッドレンズの長さを Z_0 、前記ロッドレンズの周期長を $P = 2\pi/g$ としたとき、 Z_0/P が、 $0.5 \leq Z_0/P \leq 1.0$ の範囲にある請求項1～5のいずれかに記載の結像光学装置。

【請求項9】 ロッドレンズのレンズ作用をなす部分の半径 r_0 と前記ロッドレンズが像面に張る画像半径 X_0 とによって規定される重なり度 $m = X_0/2r_0$ が、 $0.9 \leq m \leq 5.0$ の範囲にある請求項1～5のいずれかに記載の結像光学装置。

【請求項10】 ロッドレンズアレイの前焦点位置に原稿面が位置するように平行平面の透明基板が配置された請求項1～9のいずれかに記載の結像光学装置。

【請求項11】 平行平面の透明基板がロッドレンズアレイのレンズ面に当接している請求項10に記載の結像光学装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、ファクシミリ装置や複写機などの画像伝送部に用いられる結像光学装置に関し、特に、複数本のロッドレンズがアレイ状に配列されたロッドレンズアレイを備えた結像光学装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

半径方向に屈折率分布を有する複数本のロッドレンズがアレイ状に配列されたロッドレンズアレイを備えた結像光学装置は、ファクシミリ装置や複写機などの画像転送部に広く用いられている。

【0003】

上記ロッドレンズの屈折率分布は、例えば、下記（数6）によって表記される。

[数6]

$$n(r)^2 = n_0^2 \cdot \{ 1 - (g \cdot r)^2 + h_4 \cdot (g \cdot r)^4 + h_6 \cdot (g \cdot r)^6 + h_8 \cdot (g \cdot r)^8 \}$$

但し、上記（数6）において、 r はロッドレンズの光軸から測った径方向の距離、 $n(r)$ はロッドレンズの光軸から測った径方向の距離 r の位置での屈折率、 n_0 はロッドレンズの光軸上での屈折率（中心屈折率）、 g 、 h_4 、 h_6 、 h_8 は屈折率分布係数である。

【0004】

従来、上記ロッドレンズアレイに要求される解像力は、4～6Line-pair/mm（略200 dpi～300 dpi）のパターンを結像させて60%以上のMTF（Modulation Transfer Function：解像度）値を確保する、といったレベルのものであった。そして、上記解像力仕様を満たすためには、ロッドレンズの屈折率分布係数のうち g のみ、あるいは g と h_4 の双方を制御すれば十分であった。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】

しかし、最近では、プリンタやスキャナの高画質化に伴って、12Line-pair/mm (略600 dpi) 以上の解像力が上記ロッドレンズアレイに要求されるようになってきている。そして、このような高い解像力を有するロッドレンズアレイを実現するためには、ロッドレンズアレイの設計及び製造の段階で h_6 、 h_8 を含めた屈折率分布係数をより正確に制御することが必要である。

【0006】

単一のロッドレンズで光軸上の球面収差を補正するのであれば、最適な屈折率分布係数を一意的に求めることができる。しかし、複数本のロッドレンズがアレイ状に配列されたロッドレンズアレイの場合には、単レンズの球面収差、像面湾曲、非点収差を初めとして、周辺の単レンズによる像との重なり方によっても解像力が変化する。

【0007】

また、ロッドレンズの明るさによっても最適な屈折率分布は変化する。例えば、開口角の大きい明るいロッドレンズの場合には、軸上球面収差が小さくなる屈折率分布係数と像面湾曲が小さくなる屈折率分布係数とが大きく異なり、両者のバランスが取れたところで最も良好な解像力が得られる。

【0008】

さらに、同じ屈折率分布を有するロッドレンズであっても、レンズ長の取り方によって下記(数7)で規定される重なり度 m が変化し、解像力も変化してしまう。

[数7]

$$m = X_0 / 2r_0$$

但し、上記(数7)において、 r_0 は有効なレンズ部分の半径、すなわち、レンズ作用をなす部分の半径、 X_0 は単一のロッドレンズが像面に張る画像半径(視野半径)である。ここで、視野半径 X_0 は、ロッドレンズの長さを Z_0 、ロッドレンズの周期長を P としたとき、 $X_0 = -r_0 / \cos(Z_0 \pi / P)$ で定義される。

【0009】

従って、高解像力を得るための屈折率分布係数は、少なくとも各ロッドレンズ

の明るさ、重なり度の別に定めることが必要である。

【0010】

本発明は、かかる点に鑑みてなされたものであり、複数本のロッドレンズがアレイ状に配列されたロッドレンズアレイを備え、高解像力を得るための最適な屈折率分布を有する結像光学装置を提供することを目的とする。

【0011】

【課題を解決するための手段】

前記目的を達成するため、本発明に係る結像光学装置の構成は、半径方向に屈折率分布を有するロッドレンズを、その光軸が互いに平行となるように2列に複数本配列したロッドレンズアレイと、前記ロッドレンズアレイの両側に配置された原稿面及び像面とを備えた結像光学装置であって、前記ロッドレンズの光軸から測った径方向の距離を r 、前記ロッドレンズの光軸上での屈折率を n_0 、屈折率分布係数を g 、 h_4 、 h_6 、 h_8 としたとき、前記ロッドレンズの屈折率分布が下記(数8)によって表記され、かつ、前記屈折率分布係数 h_4 、 h_6 、 h_8 が、 h_4 を x 軸、 h_6 を y 軸、 h_8 を z 軸とする直交座標における回転楕円体上にあり、前記直交座標の原点から前記回転楕円体の中心に至るベクトルを O^* 、前記回転楕円体の長軸方向、中軸方向、短軸方向のベクトルをそれぞれ A^* 、 B^* 、 C^* としたとき、前記回転楕円体が下記(数9)によって表記されるベクトル X^* で規定されることを特徴とする結像光学装置。

【数8】

$$n(r)^2 = n_0^2 \cdot \{ 1 - (g \cdot r)^2 + h_4 \cdot (g \cdot r)^4 + h_6 \cdot (g \cdot r)^6 + h_8 \cdot (g \cdot r)^8 \}$$

【数9】

$$X^* = (x, y, z) = O^* + k_A A^* + k_B B^* + k_C C^* \\ k_A^2 + k_B^2 + k_C^2 \leq 1$$

この結像光学装置の構成によれば、複数本のロッドレンズがアレイ状に配列されたロッドレンズアレイを備え、レンズ外径0.6mmの場合で12Line-pair/mm(略600dpi)以上の高い解像力を得るための最適な屈折率分布を有する結像光学装置を実現することができる。

【0012】

また、前記本発明の結像光学装置の構成においては、下記（数10）を満たすのが好ましい。

[数10]

$$k_A^2 + k_B^2 + k_C^2 \leq 0.7$$

この好ましい例によれば、さらに良好な屈折率分布を有する結像光学装置を実現することができる。

【0013】

また、前記本発明の結像光学装置の構成においては、ロッドレンズの光軸上での屈折率 n_0 が、 $1.4 \leq n_0 \leq 1.8$ の範囲にあるのが好ましい。

【0014】

また、前記本発明の結像光学装置の構成においては、屈折率分布係数 g とロッドレンズのレンズ作用をなす部分の半径 r_0 との積 $g \cdot r_0$ が、 $0.04 \leq g \cdot r_0 \leq 0.27$ の範囲にあるのが好ましい。 $g \cdot r_0$ が 0.04 未満の場合には、像が暗くなって、スキヤニング等に時間がかかり、また、 $g \cdot r_0$ が 0.27 を超えると、像面湾曲と非点収差の影響が大きくなって、解像力が低下してしまうからである。

【0015】

また、前記本発明の結像光学装置の構成においては、 $f(r)$ を r の関数としたとき、ロッドレンズの屈折率分布が下記（数11）によって表記され、上記（数9）によって規定される範囲にある2種類の屈折率分布係数の組（ n_0 、 g 、 h_{4A} 、 h_{6A} 、 h_{8A} ）、（ n_0 、 g 、 h_{4B} 、 h_{6B} 、 h_{8B} ）に対し、前記 $f(r)$ が $0 \leq r \leq r_0$ （ r_0 ：ロッドレンズのレンズ作用をなす部分の半径）の範囲にわたって下記（数12）の関係を満たすのが好ましい。

[数11]

$$n(r)^2 = n_0^2 \cdot \{1 - (g \cdot r)^2 + f(r)\}$$

[数12]

$$\begin{aligned} & h_{4A} \cdot (g \cdot r)^4 + h_{6A} \cdot (g \cdot r)^6 + h_{8A} \cdot (g \cdot r)^8 \\ & \leq f(r) \leq h_{4B} \cdot (g \cdot r)^4 + h_{6B} \cdot (g \cdot r)^6 + h_{8B} \cdot (g \cdot r)^8 \end{aligned}$$

また、前記本発明の結像光学装置の構成においては、ロッドレンズのレンズ作用をなす部分の半径 r_0 が、 $0.05\text{ mm} \leq r_0 \leq 0.60\text{ mm}$ の範囲にあるのが好ましい。この好ましい例によれば、ロッドレンズの製造及びその組立てが容易になると共に、ロッドレンズアレイの収差量を小さく抑えることができる。

【0016】

ロッドレンズの周辺部分は屈折率分布が設計値から大きくずれるため、レンズとして使用することができない場合が多く、また、レンズ側面での全反射による迷光を防止するために、光吸収層が設けられる場合もある。さらに、ロッドレンズアレイを製造する際の都合により、ロッドレンズ同士がある程度離れて配列される場合もある。このため、前記本発明の結像光学装置の構成においては、ロッドレンズのレンズ作用をなす部分の半径を r_0 、隣接する前記ロッドレンズの光軸間距離を $2R$ としたとき、 r_0/R が、 $0.5 \leq r_0/R \leq 1.0$ の範囲にあるのが好ましい。

【0017】

また、前記本発明の結像光学装置の構成においては、ロッドレンズの長さを Z_0 、前記ロッドレンズの周期長を $P = 2\pi/g$ としたとき、 Z_0/P が、 $0.5 \leq Z_0/P \leq 1.0$ の範囲にあるのが好ましい。この好ましい例によれば、正立結像させることができる。

【0018】

また、前記本発明の結像光学装置の構成においては、ロッドレンズのレンズ作用をなす部分の半径 r_0 と前記ロッドレンズが像面に張る画像半径 X_0 とによって規定される重なり度 $m = X_0/2r_0$ が、 $0.9 \leq m \leq 5.0$ の範囲にあるのが好ましい。重なり度 m が 5.0 を超えると、像が暗くなって、スキャニング等に時間がかかり、また、重なり度 m が 0.9 未満の場合には、像面の明るさの周期的ムラが大きくなるからである。

【0019】

また、前記本発明の結像光学装置の構成においては、ロッドレンズアレイの前焦点位置に原稿面が位置するように平行平面の透明基板が配置されているのが好ましい。この好ましい例によれば、透明基板の表面に原稿を押し当てるだけで原

稿面を前焦点位置にセットすることができる。また、この場合には、平行平面の透明基板がロッドレンズアレイのレンズ面に当接しているのが好ましい。これは、透明基板の厚さを調整することにより、容易に実現することができ、この好ましい例によれば、結像光学装置の組立て工程時におけるロッドレンズアレイと前焦点位置との間隔調整作業を簡略化することができるので、コストダウンを図ることができる。

【0020】

【発明の実施の形態】

以下、実施の形態を用いて本発明をさらに具体的に説明する。

【0021】

本実施の形態においては、図1、図2に示すように、半径方向に屈折率分布を有する円柱状のロッドレンズ1を、その光軸1aが互いに平行となるように2列に複数本配列した等倍結像のロッドレンズアレイ2を用い、このロッドレンズアレイ2の両側に原稿面3と像面4とを配置して、結像光学装置を作製した。

【0022】

図3に示すように、ロッドレンズ1の屈折率 n は、半径方向に分布しており、その屈折率分布は、下記(数13)によって表記される。

〔数13〕

$$n(r)^2 = n_0^2 \cdot \{ 1 - (g \cdot r)^2 + h_4 \cdot (g \cdot r)^4 + h_6 \cdot (g \cdot r)^6 + h_8 \cdot (g \cdot r)^8 \}$$

但し、上記(数13)において、 r はロッドレンズ1の光軸1aから測った径方向の距離、 $n(r)$ はロッドレンズ1の光軸1aから測った径方向の距離 r の位置での屈折率、 n_0 はロッドレンズ1の光軸1a上での屈折率(中心屈折率)、 g 、 h_4 、 h_6 、 h_8 は屈折率分布係数である。

【0023】

図4に示すように正立結像するためには、ロッドレンズ1の長さを Z_0 、ロッドレンズ1の周期長を $P (= 2\pi/g)$ としたとき、 Z_0/P が、 $0.5 < Z_0/P < 1.0$ の範囲にあることが必要である。

【0024】

ロッドレンズアレイ2の端面（レンズ面）と原稿面3との間隔、及びロッドレンズアレイ2の端面（レンズ面）と像面4との間隔 L_0 （図2参照）は、下記（数14）によって表記される。

[数14]

$$L_0 = - \{ 1 / (n_0 \cdot g) \} \cdot \tan (Z_0 \pi / P)$$

ロッドレンズ1の有効なレンズ部分の半径、すなわち、レンズ作用をなす部分の半径 r_0 は、 $0.05 \text{ mm} \leq r_0 \leq 0.60 \text{ mm}$ の範囲にあるのが望ましい。

【0025】

ロッドレンズ1の諸収差による像のボケ量はレンズ全体の大きさに比例して大きくなるため、 r_0 が小さいレンズの方が高解像を実現し易い。しかし、 r_0 が 0.05 mm 未満のロッドレンズ1は、製造及びその組立てが困難であり、また、各ロッドレンズ1の有効なレンズ部分の半径 r_0 が 0.60 mm を超えるロッドレンズアレイ2の場合には、収差量が大きくなり過ぎてしまう。

【0026】

ロッドレンズ1の光軸1a上での屈折率（中心屈折率） n_0 の実現可能な値は、ロッドレンズの材料（ガラスあるいは合成樹脂）によって決まり、 $1.4 \leq n_0 \leq 1.8$ の範囲にある。

【0027】

ロッドレンズ1の明るさは、無次元数 $g \cdot r_0$ 、あるいはレンズが光を取り込むことのできる範囲を示す開口角によって規定される。ここで、開口角 θ （°）は、下記（数15）によって表記される。

[数15]

$$\theta = (n_0 \cdot g \cdot r_0) / (\pi / 180)$$

無次元数 $g \cdot r_0$ は、 $0.04 \leq g \cdot r_0 \leq 0.27$ の範囲にあるのが望ましい。 $g \cdot r_0$ が 0.04 未満の場合には、像が暗くなって、スキャニング等に時間がかかり、また、 $g \cdot r_0$ が 0.27 を超えると、像面湾曲と非点収差の影響が大きくなって、解像力が低下してしまうからである。

【0028】

上記 $g \cdot r_0$ の望ましい範囲は、例えば中心屈折率を $n_0 = 1.60$ と置いた

場合、 $4^{\circ} \leq \theta \leq 24^{\circ}$ に相当する。

【0029】

上記のようなロッドレンズアレイ2を備えた結像光学装置においては、図5に示すように、像面4に複数のロッドレンズ1による合成像が形成されるため、その重なり具合、つまり『重なり度』という無次元量を用いると便利である。この重なり度 m は、下記（数16）によって表記される。

〔数16〕

$$m = X_0 / 2r_0$$

但し、上記（数16）において、 X_0 は単一のロッドレンズ1が像面4に張る画像半径（視野半径）であり、 $X_0 = -r_0 / \cos(Z_0 \pi / P)$ で定義される。

【0030】

ロッドレンズアレイ2の重なり度 m は、 $0.9 \leq m \leq 5.0$ の範囲にあるのが望ましい。重なり度 m が5.0を超えると、像が暗くなって、スキヤニング等に時間がかかり、また、重なり度 m が0.9未満の場合には、像面4の明るさの周期的ムラが大きくなるからである。

【0031】

隣接するロッドレンズ1の光軸間距離 $2R$ は、 $2r_0$ （ロッドレンズ1の有効なレンズ部分の直径）に一致させるのが、像の光量を最大にすることができるため、最も望ましい。しかし、ロッドレンズ1の周辺部分は屈折率分布が設計値から大きくずれるため、レンズとして使用することができない場合が多く、また、レンズ側面での全反射による迷光を防止するために、光吸収層が設けられる場合もある。さらに、ロッドレンズアレイ2を製造する際の都合により、ロッドレンズ1同士がある程度離れて配列される場合もある。以上のことを考慮し、 r_0 / R は、 $0.5 \leq r_0 / R \leq 1.0$ を満たす範囲に設定されている。

【0032】

本発明者らは、『高解像』の基準を、『有効なレンズ部分の半径 r_0 が0.15mmのロッドレンズ1を、その光軸1-aが互いに平行となるように2列に複数本配列した構成のロッドレンズアレイ2の中心線上で、24 Line-pair/mmパター

ンのMTF値が50%以上』とし、この基準を満たす屈折率分布係数 h_4 、 h_6 、 h_8 の範囲を求めた。

【0033】

具体的には、上記構成のロッドレンズアレイ2を設計し、図6に示すA点から物体面に下ろした垂線の足を光源とする像について光線追跡を行ない、24 Line-pair/mmパターンのMTF値をX方向とY方向について計算して、小さい方の値をそのロッドレンズアレイ2のMTF値とした。光線追跡には、米国Sinclair Optics 社製の光学設計ソフトウェア『Oslo Six』を使用した。下記(表1)に、計算に使用した24種類のロッドレンズアレイ2の仕様を示す。開口角 θ は7～20°、ロッドレンズ1の中心屈折率 n_0 は1.5～1.8、重なり度 m は1.0～2.5の範囲に設定し、ロッドレンズ1のレンズ作用をなす部分の半径 r_0 は0.3mmに設定した。これらのロッドレンズアレイ2について、24 Line-pair/mmパターンのMTF値が50%以上となる屈折率分布係数 h_4 、 h_6 、 h_8 の範囲を求めた。以下、この範囲を屈折率分布係数 h_4 、 h_6 、 h_8 の『良像範囲』と呼ぶ。

【0034】

【表 1】

| No | θ (°) | n_o | r_o (mm) | m |
|----|--------------|-------|------------|-----|
| 1 | 18.00 | 1.65 | 0.3 | 1.0 |
| 2 | 18.00 | 1.65 | 0.3 | 1.5 |
| 3 | 18.00 | 1.65 | 0.3 | 2.0 |
| 4 | 18.00 | 1.65 | 0.3 | 2.5 |
| 5 | 12.00 | 1.65 | 0.3 | 1.0 |
| 6 | 12.00 | 1.65 | 0.3 | 1.5 |
| 7 | 12.00 | 1.65 | 0.3 | 2.0 |
| 8 | 12.00 | 1.65 | 0.3 | 2.5 |
| 9 | 8.00 | 1.65 | 0.3 | 1.0 |
| 10 | 8.00 | 1.65 | 0.3 | 1.5 |
| 11 | 8.00 | 1.65 | 0.3 | 2.0 |
| 12 | 8.00 | 1.65 | 0.3 | 2.5 |
| 13 | 19.70 | 1.80 | 0.3 | 1.0 |
| 14 | 19.70 | 1.80 | 0.3 | 2.5 |
| 15 | 16.32 | 1.50 | 0.3 | 1.0 |
| 16 | 16.32 | 1.50 | 0.3 | 2.5 |
| 17 | 13.11 | 1.80 | 0.3 | 1.0 |
| 18 | 13.11 | 1.80 | 0.3 | 2.5 |
| 19 | 10.90 | 1.50 | 0.3 | 1.0 |
| 20 | 10.90 | 1.50 | 0.3 | 2.5 |
| 21 | 8.73 | 1.80 | 0.3 | 1.0 |
| 22 | 8.73 | 1.80 | 0.3 | 2.5 |
| 23 | 7.27 | 1.50 | 0.3 | 1.0 |
| 24 | 7.27 | 1.50 | 0.3 | 2.5 |

【0035】

上記（表 1）に示すどの条件の下であっても、 h_4 を x 軸、 h_6 を y 軸、 h_8 を z 軸とする直交座標上において、良像範囲を示すベクトル X^* （以下、ベクトルを示すときは『 * 』を付すものとする）は、図 7 に示すような細長い回転楕円体状となる。尚、図 7 は模式図であって、各軸の寸法や回転楕円体の位置、形状等は以下に示す具体的な良像範囲の数値に対応するものではない。

【0036】

ベクトル X^* は、下記（数 17）によって表記される。

【数 17】

$$X^* = (x, y, z) = O^* + k_A A^* + k_B B^* + k_C C^*$$

上記(数17)中、 k_A 、 k_B 、 k_C は、下記(数18)のような関係を満たす定数である。

[数18]

$$k_A^2 + k_B^2 + k_C^2 \leq 1$$

また、上記(数17)中、 O^* は直交座標の原点から回転楕円体の中心に至るベクトルである。以下、この O^* を『中心ベクトル』と呼ぶ。また、 A^* 、 B^* 、 C^* は、それぞれ回転楕円体の長軸方向、中軸方向、短軸方向のベクトルである。以下、これら A^* 、 B^* 、 C^* をそれぞれ『長軸ベクトル』、『中軸ベクトル』、『短軸ベクトル』と呼ぶ。

【0037】

良像範囲は、これらのベクトル O^* 、 A^* 、 B^* 、 C^* によって与えられるが、これらは、ロッドレンズ1の開口角 θ 、中心屈折率 n_0 、重なり度 m などのレンズの特性パラメータと関係している。以下、これらの関係について説明する。

(1) 中心ベクトル O^*

中心ベクトル O^* の直交座標成分を x_0 、 y_0 、 z_0 とする。すなわち、中心ベクトル O^* を下記(数19)のように表記し、各成分とレンズの特性パラメータとの関係をシミュレーションによって求めた。

[数19]

$$O^* = (x_0, y_0, z_0)$$

図8に、上記(表1)に示す24種類(以下、いずれも一部を除く)のロッドレンズアレイ2に対して計算された x_0 と重なり度 m との関係を示す。各点から近似直線(図示)を求めると、下記(数20)のような関係が得られる。

[数20]

$$x_0 = -1.3m + 3.3$$

図9に、上記(表1)に示す24種類のロッドレンズアレイ2に対して計算された y_0 と x_0 との関係を示す。直線関係からのずれを考慮に入れると、この関係は、下記(数21)のような式で近似される。

[数21]

$$y_0 = -80x_0 + 16(m - 2.6)(10 - \theta \cdot n_0)^2 + 100$$

上記(数20)の x_0 を上記(数21)の近似式に代入して求めた y_0 の近似値を、図9に白抜きの点で示す。図9に示すように、この値は y_0 の厳密計算値とよく一致していることが分かる。

【0038】

図10に、上記(表1)に示す24種類のロッドレンズアレイ2に対して計算された z_0 と y_0 との関係を示す。両者の直線関係からのずれを考慮に入れると、下記(数22)で示されるような関係で近似される。

〔数22〕

$$z_0 = -100y_0 + 15000m - 150000n_0 + 230000$$

上記(数20)の x_0 を上記(数21)の近似式に代入して求めた y_0 の近似値を上記(数22)の近似式に代入して求めた z_0 の近似値を、図10に白抜きの点で示す。図10に示すように、この値は z_0 の厳密計算値とよく一致していることが分かる。

(2) 長軸ベクトル A^*

長軸ベクトル A^* の直交座標成分を A_x 、 A_y 、 A_z とする。すなわち、長軸ベクトル A^* を下記(数23)のように表記する。

〔数23〕

$$A^* = (A_x, A_y, A_z)$$

図11に、上記(表1)に示す24種類のロッドレンズアレイ2のうち、開口角 θ が 8° 、 12° 、 18° で重なり度 m の異なるそれぞれ3～4種類のロッドレンズアレイ2に対して計算された A_x と m/θ との関係を示す。各開口角 θ に対して両者はそれぞれ直線で近似されることが分かる。近似式は、下記(数24)のように表記される。

〔数24〕

$$A_x = 10(1.9 - 0.065\theta) - 45(m/\theta)$$

図12に、上記(表1)に示す24種類のロッドレンズアレイ2に対して計算された A_x (厳密計算値)及び上記(数24)の近似式から求めた A_x (近似値)と θ との関係を示す。図12に示すように、近似値は厳密計算値とよく一致しているのが分かる。

【0039】

図13に、上記(表1)に示す24種類のロッドレンズアレイ2に対して計算された $10g_{10}(-A_y)$ 及び $10g_{10}A_z$ と $(A_x + 2m)$ との関係を示す。両者とも、それぞれ下記(数25)、(数26)で示されるような直線関係で近似される(近似直線を図示した)。

[数25]

$$10g_{10}(-A_y) = 2 + 0.1(A_x + 2m)$$

[数26]

$$10g_{10}A_z = 2.8 + 0.16(A_x + 2m)$$

(3) 中軸ベクトル B^*

中軸ベクトル B^* の直交座標成分を B_x 、 B_y 、 B_z とする。すなわち、中軸ベクトル B^* を下記(数27)のように表記する。

[数27]

$$B^* = (B_x, B_y, B_z)$$

長軸ベクトル A^* と中軸ベクトル B^* が直交すること、また、別に求めた A^* と B^* を含む楕円上の点の座標などから B^* を計算することができる。図14～16に示すように、上記(表1)に示す24種類のロッドレンズアレイ2に対して計算された B^* の3成分は、いずれも A_x と比例関係で近似することができる。近似式(図示)は、それぞれ下記(数28)～(数30)のように表記される。

[数28]

$$B_x = -0.8A_x$$

[数29]

$$B_y = 100A_x$$

[数30]

$$B_z = 1.5A_x$$

(4) 短軸ベクトル C^*

まず、長軸と中軸を含む平面を、下記(数31)のように表記する。

[数31]

$$p x + q y + s z = 1$$

上記(数31)中、 p 、 q 、 s は、それぞれ上記平面に対する法線ベクトルの x 、 y 、 z 成分である。

【0040】

図17～19に、上記(表1)に示す24種類のロッドレンズアレイ2に対して計算された p 、 q 、 s と x_0 との関係を示す。図17～19に示すように、 p は x_0 とほぼ直線関係で近似することができ、 q 、 s はばらつきがあるが、一定値で近似することができる。近似式(図示)は、それぞれ下記(数32)～(数34)のように表記される。

[数32]

$$p = 0.2 x_0 + 0.6$$

[数33]

$$q = 0.01$$

[数34]

$$s = 0.0002$$

短軸ベクトル C^* は、長軸と中軸を含む平面に垂直な方向を有するベクトルである。いま、短軸ベクトル C^* を、下記(数35)のように表記する。

[数35]

$$C^* = |C^*| (p', q', s')$$

上記(数35)中、 p' 、 q' 、 s' は、それぞれ C^* の方向を有する単位ベクトルの x 、 y 、 z 成分である。従って、 p' 、 q' 、 s' は、下記(数36)の関係を満足する。

[数36]

$$p'^2 + q'^2 + s'^2 = 1$$

ベクトル (p', q', s') は、ベクトル (p, q, s) と平行であるため、各成分はそれぞれ下記(数37)～(数39)のように表記される。

[数37]

$$p' = p / (p^2 + q^2 + s^2)^{1/2}$$

[数38]

$$q' = q / (p^2 + q^2 + s^2)^{1/2}$$

[数 39]

$$s' = s / (p^2 + q^2 + s^2)^{1/2}$$

図20に、上記(表1)に示す24種類のロッドレンズアレイ2に対して計算された $|C^*|$ と $|A^*| \cdot m^2$ との関係を示す。図20に示すように、 $|C^*|$ と $|A^*| \cdot m^2$ は、直線関係で近似される。ここで、 $|A^*|$ は、下記(数40)のように表記される。

[数 40]

$$|A^*| = (A_x^2 + A_y^2 + A_z^2)^{1/2}$$

従って、近似式は下記(数41)のように表記される。

[数 41]

$$|C^*| = 1.5 \times 10^{-5} |A^*| \cdot m^2$$

ロッドレンズ1の有効なレンズ部分の半径 r_0 が0.15mm以外の値である場合には、ロッドレンズ1の諸収差による像のボケ量が r_0 の大きさに比例して大きくなることから、上記(数32)～(数56)によって規定される屈折率分布係数 h_4 、 h_6 、 h_8 の『良像範囲』は、おおまかに、次の範囲を表すことになる。

【0041】

$r_0 = 0.05$ mmの場合：72Line-pair/mmパターンのMTF値が50%以上となる範囲

$r_0 = 0.30$ mmの場合：12Line-pair/mmパターンのMTF値が50%以上となる範囲

$r_0 = 0.60$ mmの場合：6Line-pair/mmパターンのMTF値が50%以上となる範囲

尚、上記構成においては、図21(a)に示すように、ロッドレンズアレイ2の前焦点位置に原稿面3が位置するように平行平面の透明基板(カバーガラス)5を配置するのが望ましい。この望ましい構成によれば、透明基板5の表面に原稿を押し当てただけで原稿面3を前焦点位置にセットすることができる。また、この場合には、図21(b)に示すように、平行平面の透明基板(カバーガラス

）5がロッドレンズアレイ2のレンズ面に当接しているのが望ましい。これは、透明基板（カバーガラス）5の厚さを調整することにより、容易に実現することができ、この望ましい構成によれば、結像光学装置の組立て工程時におけるロッドレンズアレイ2と前焦点位置との間隔調整作業を簡略化することができるので、コストダウンを図ることができる。

【0042】

また、上記実施の形態においては、良像範囲を上記（数18）によって規定しているが、下記（数42）によって規定すれば、さらに良好な『良像範囲』を得ることができる。

〔数42〕

$$k_A^2 + k_B^2 + k_C^2 \leq 0.7$$

また、上記実施の形態においては、ロッドレンズ1の屈折率分布を上記（数29）によって表記しているが、必ずしもこの表記の仕方に限定されるものではない。例えば、近軸の屈折力を意味する2次の屈折率分布係数 g は共通であるとする、ロッドレンズ1の屈折率分布は、一般に、下記（数43）によって表記することができる。

〔数43〕

$$n(r)^2 = n_0^2 \cdot \{1 - (g \cdot r)^2 + f(r)\}$$

但し、上記（数43）において、 $f(r)$ は r の関数である。

【0043】

上記一般式（数43）によって表記される屈折率分布であっても、図22に示すように、上記（数17）、（数18）によって規定される範囲にある2種類の屈折率分布係数の組 $(n_0, g, h_{4A}, h_{6A}, h_{8A})$ 、 $(n_0, g, h_{4B}, h_{6B}, h_{8B})$ に対し、 $f(r)$ が $0 \leq r \leq r_0$ の範囲にわたって下記（数44）の関係を満たすものであれば、『良像範囲』の屈折率分布とみなすことができる。

〔数44〕

$$\begin{aligned} h_{4A} \cdot (g \cdot r)^4 + h_{6A} \cdot (g \cdot r)^6 + h_{8A} \cdot (g \cdot r)^8 &\leq f(r) \\ &\leq h_{4B} \cdot (g \cdot r)^4 + h_{6B} \cdot (g \cdot r)^6 + h_{8B} \cdot (g \cdot r)^8 \end{aligned}$$

【0044】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明によれば、複数本のロッドレンズがアレイ状に配列されたロッドレンズアレイを備え、レンズ外径 0.6 mm の場合で 12 Line-pair/mm (略 600 dpi) 以上の高い解像力を得るための最適な屈折率分布を有する結像光学装置を実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の実施の形態における結像光学装置に用いられるロッドレンズを示す斜視図

【図 2】

本発明の実施の形態における結像光学装置を示す斜視図

【図 3】

本発明の実施の形態における結像光学装置に用いられるロッドレンズの屈折率分布曲線

【図 4】

本発明の実施の形態における結像光学装置に用いられるロッドレンズによる結像状態を示す模式図

【図 5】

本発明の実施の形態における結像光学装置に用いられる複数本のロッドレンズによる像の合成状態を示す模式図

【図 6】

本発明の実施の形態における結像光学装置の MTF 値の測定点を示す模式図

【図 7】

本発明の実施の形態における結像光学装置に用いられるロッドレンズの屈折率分布係数 h_4 、 h_6 、 h_8 の良像範囲を規定する図

【図 8】

本発明の実施の形態における結像光学装置に用いられるロッドレンズの屈折率分布係数 h_4 、 h_6 、 h_8 の良像範囲を規定する x_0 と重なり度 m との関係を示す図

【図 9】

本発明の実施の形態における結像光学装置に用いられるロッドレンズの屈折率分布係数 h_4 、 h_6 、 h_8 の良像範囲を規定する y_0 と x_0 との関係を示す図

【図 1 0】

本発明の実施の形態における結像光学装置に用いられるロッドレンズの屈折率分布係数 h_4 、 h_6 、 h_8 の良像範囲を規定する定数 z_0 と y_0 との関係を示す図

【図 1 1】

本発明の実施の形態における結像光学装置に用いられるロッドレンズの屈折率分布係数 h_4 、 h_6 、 h_8 の良像範囲を規定する A_x と m/θ との関係を示す図

【図 1 2】

本発明の実施の形態における結像光学装置に用いられるロッドレンズの屈折率分布係数 h_4 、 h_6 、 h_8 の良像範囲を規定する A_x と θ との関係を示す図

【図 1 3】

本発明の実施の形態における結像光学装置に用いられるロッドレンズの屈折率分布係数 h_4 、 h_6 、 h_8 の良像範囲を規定する $\log_{10}(-A_y)$ 及び $\log_{10}A_z$ と $(A_x + 2m)$ との関係を示す図

【図 1 4】

本発明の実施の形態における結像光学装置に用いられるロッドレンズの屈折率分布係数 h_4 、 h_6 、 h_8 の良像範囲を規定する B_x と A_x との関係を示す図

【図 1 5】

本発明の実施の形態における結像光学装置に用いられるロッドレンズの屈折率分布係数 h_4 、 h_6 、 h_8 の良像範囲を規定する B_y と A_x との関係を示す図

【図 1 6】

本発明の実施の形態における結像光学装置に用いられるロッドレンズの屈折率分布係数 h_4 、 h_6 、 h_8 の良像範囲を規定する B_z と A_x との関係を示す図

【図 1 7】

本発明の実施の形態における結像光学装置に用いられるロッドレンズの屈折率分布係数 h_4 、 h_6 、 h_8 の良像範囲を規定する p と x_0 との関係を示す図

【図 1 8】

本発明の実施の形態における結像光学装置に用いられるロッドレンズの屈折率分布係数 h_4 、 h_6 、 h_8 の良像範囲を規定する q と x_0 との関係を示す図

【図 1 9】

本発明の実施の形態における結像光学装置に用いられるロッドレンズの屈折率分布係数 h_4 、 h_6 、 h_8 の良像範囲を規定する s と x_0 との関係を示す図

【図 2 0】

本発明の実施の形態における結像光学装置に用いられるロッドレンズの屈折率分布係数 h_4 、 h_6 、 h_8 の良像範囲を規定する $|C^*|$ と $|A^*| \cdot m^2$ との関係を示す図

【図 2 1】

本発明の実施の形態における平行平面の透明基板を備えた結像光学装置を示す断面図

【図 2 2】

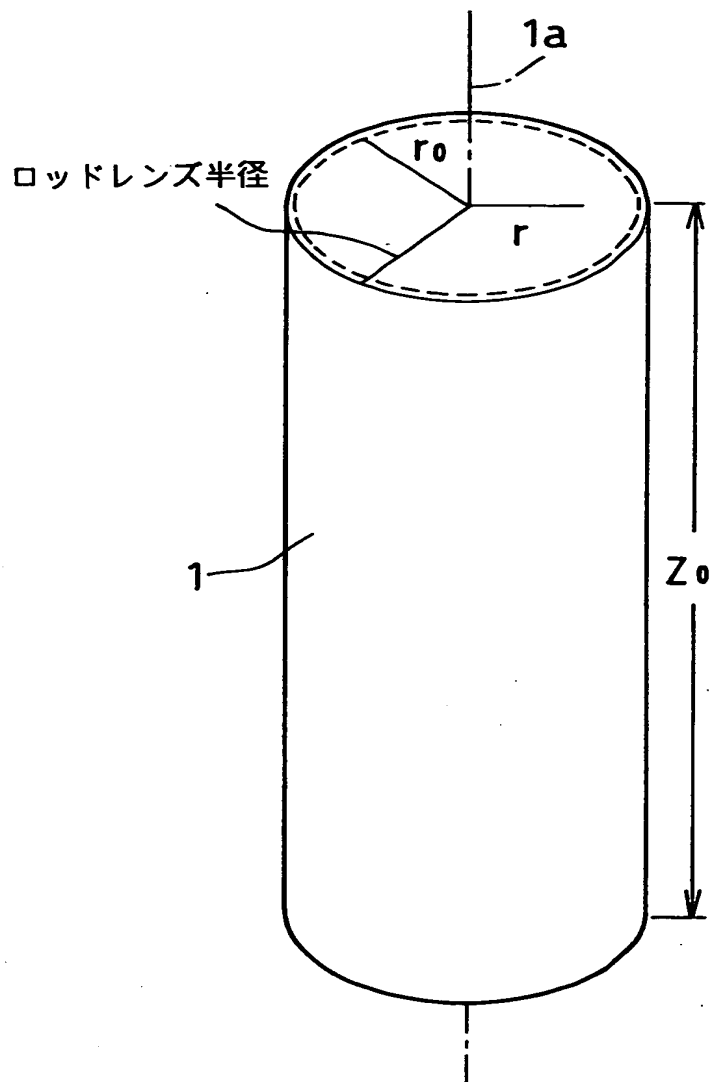
本発明の実施の形態における結像光学装置に用いられるロッドレンズの屈折率分布係数 h_4 、 h_6 、 h_8 の良像範囲の他の規定の仕方を示す図

【符号の説明】

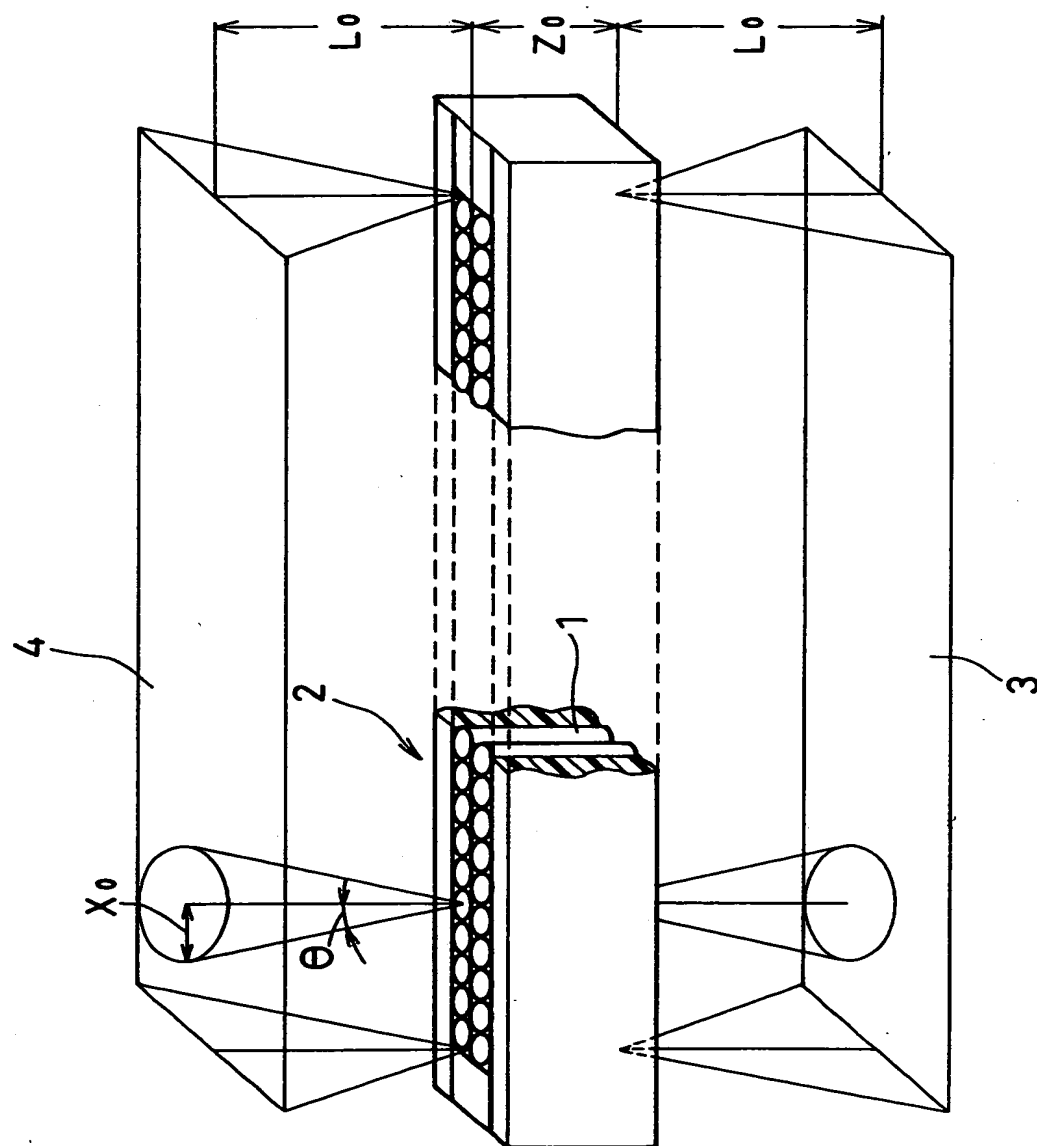
- 1 ロッドレンズ
- 1 a 光軸
- 2 ロッドレンズアレイ
- 3 原稿面
- 4 像面
- 5 透明基板（カバーガラス）

【書類名】 図面

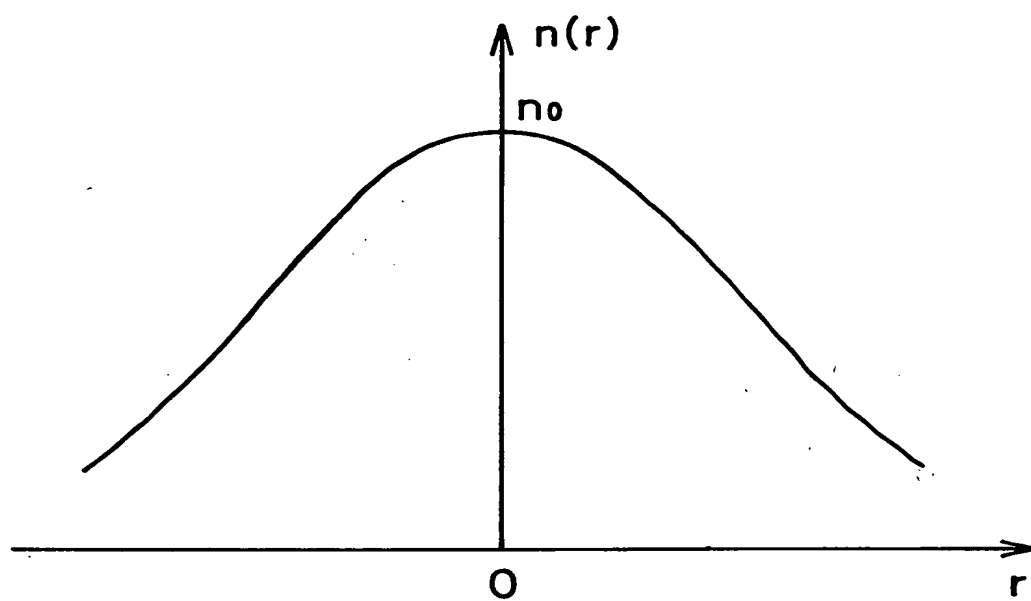
【図1】



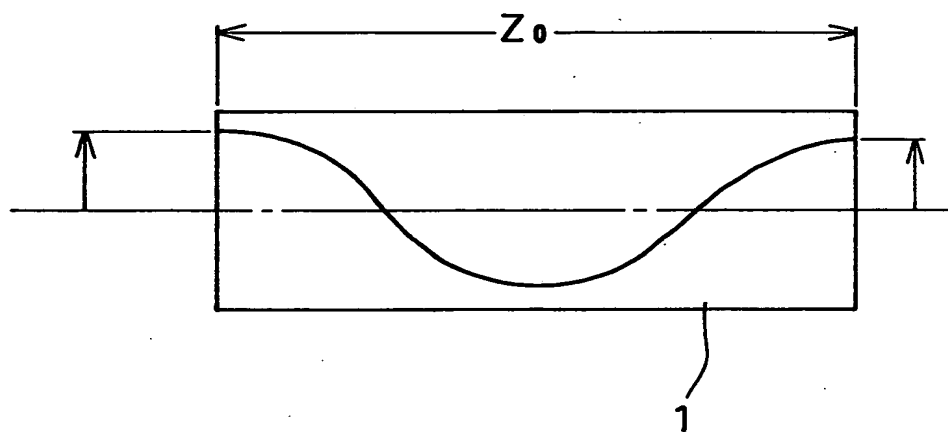
【図 2】



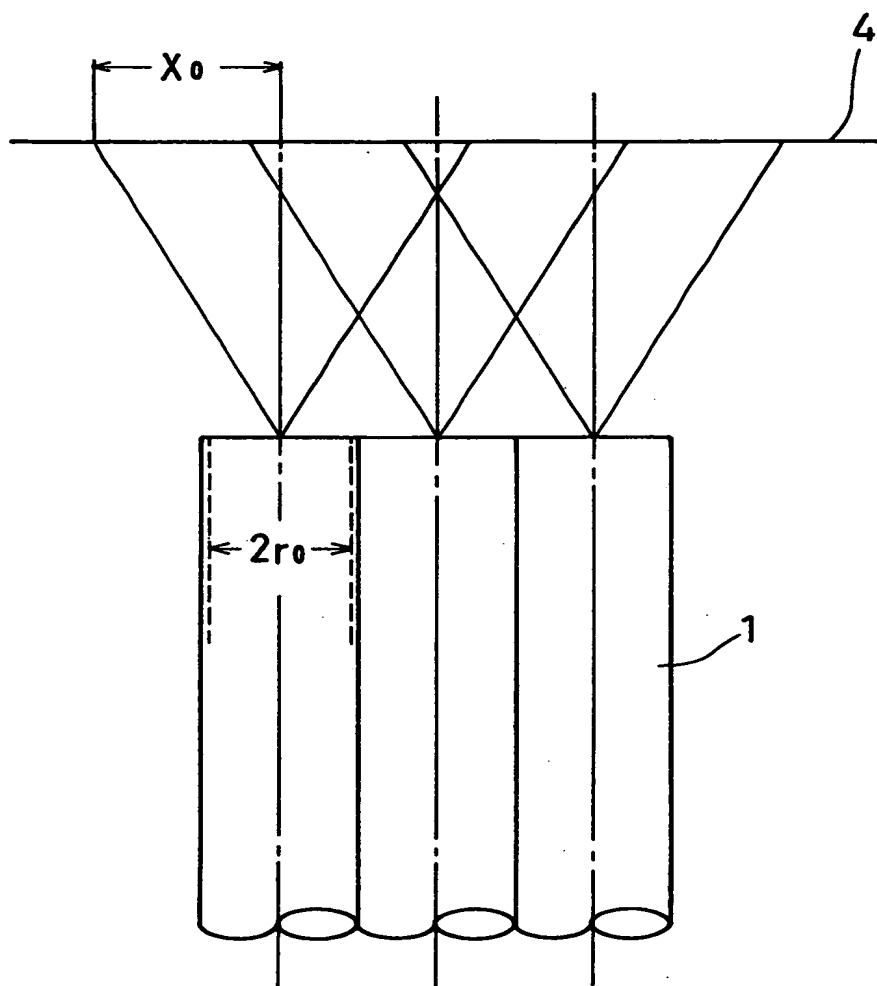
【図3】



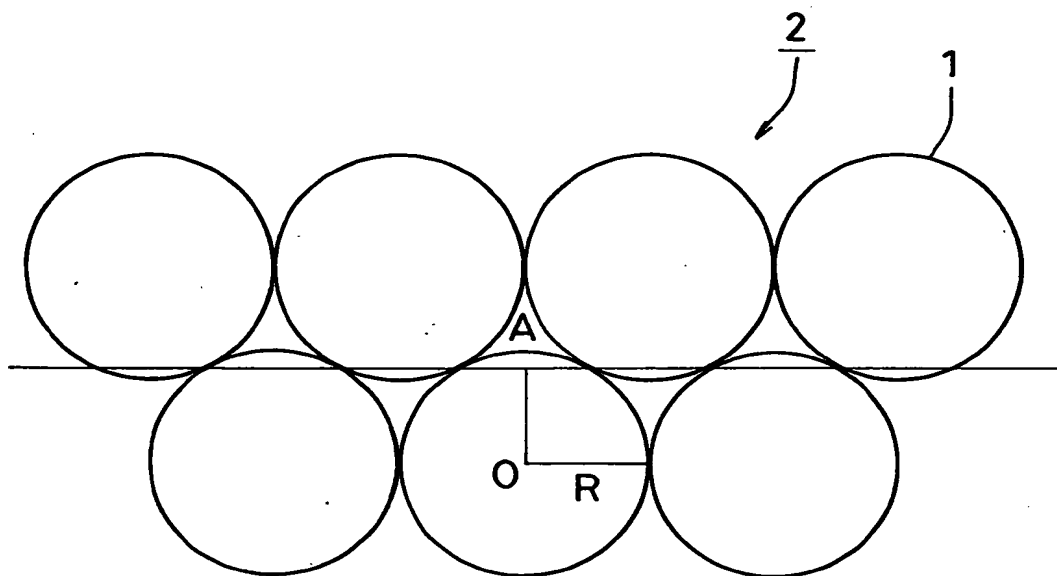
【図4】



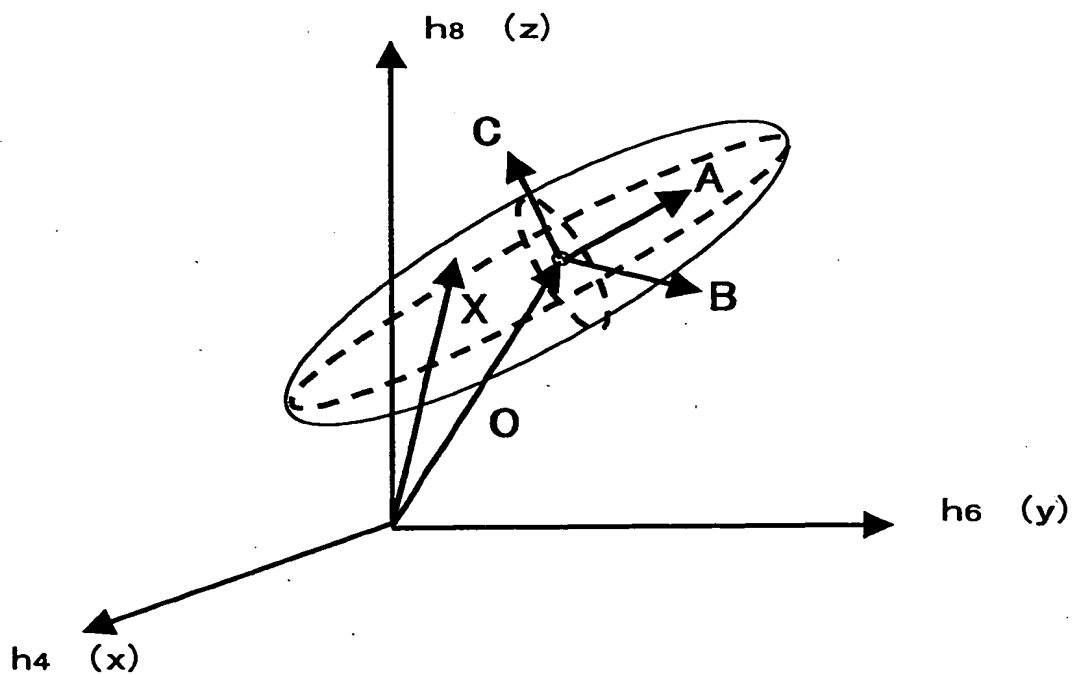
【図 5】



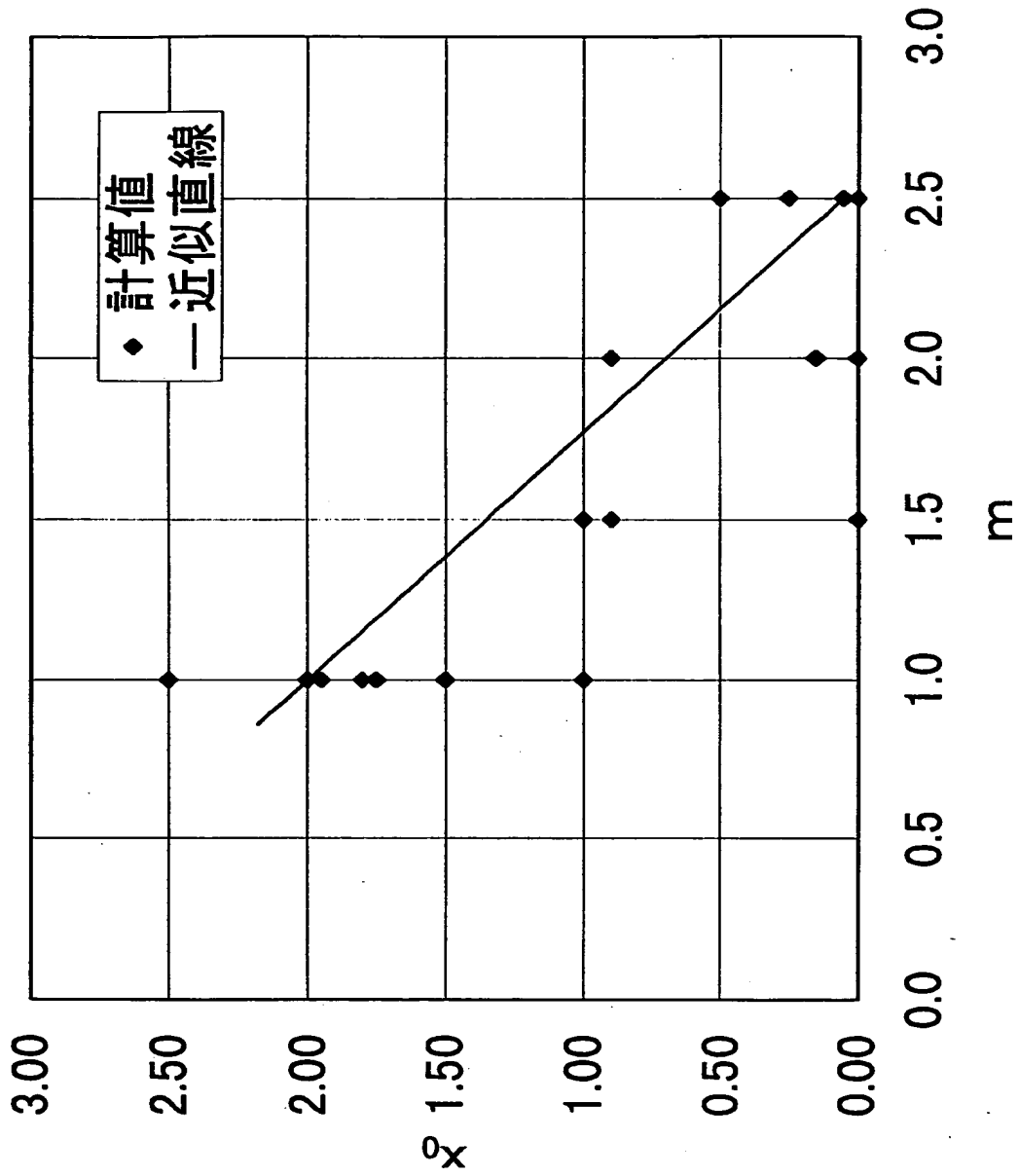
【図6】



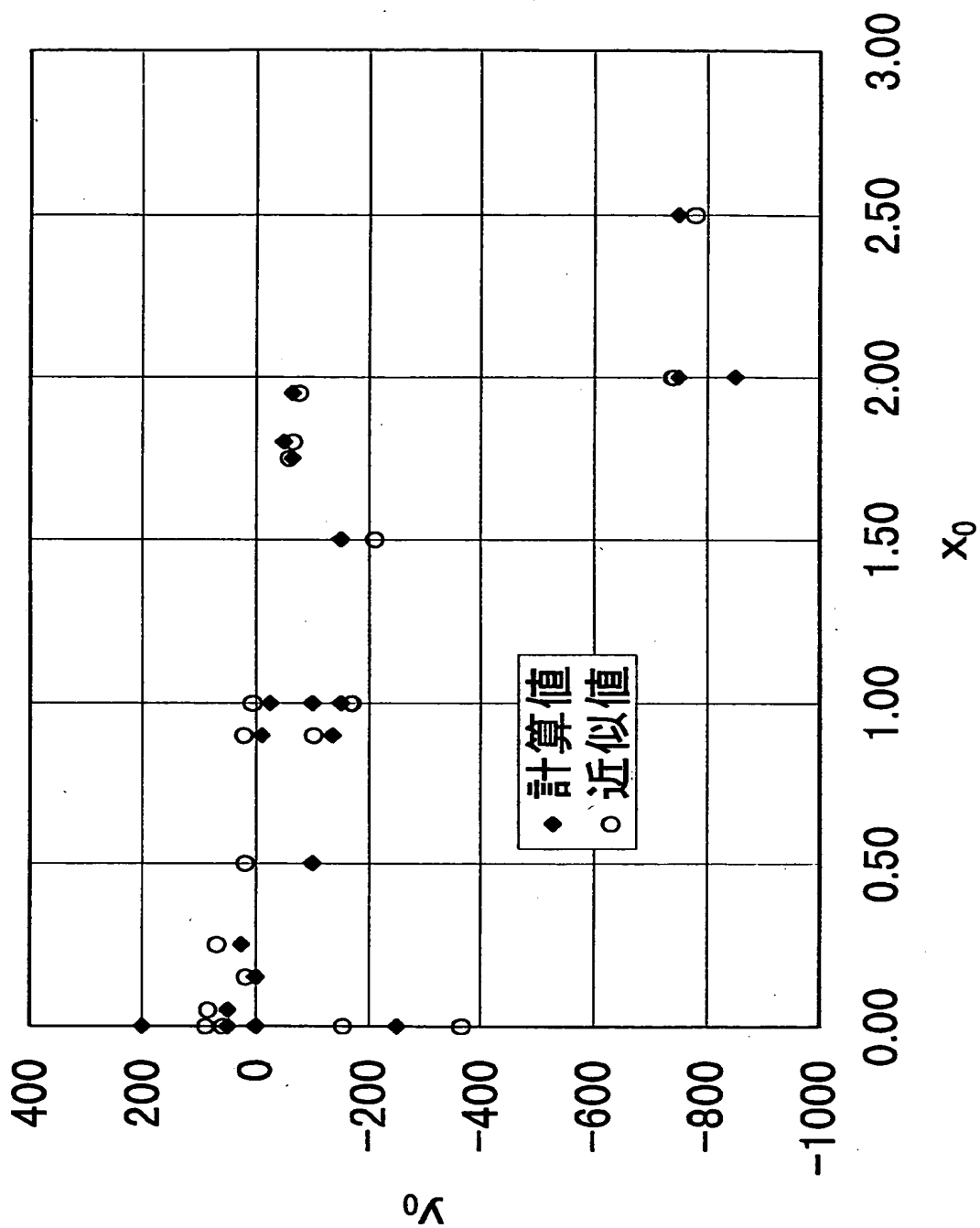
【図7】



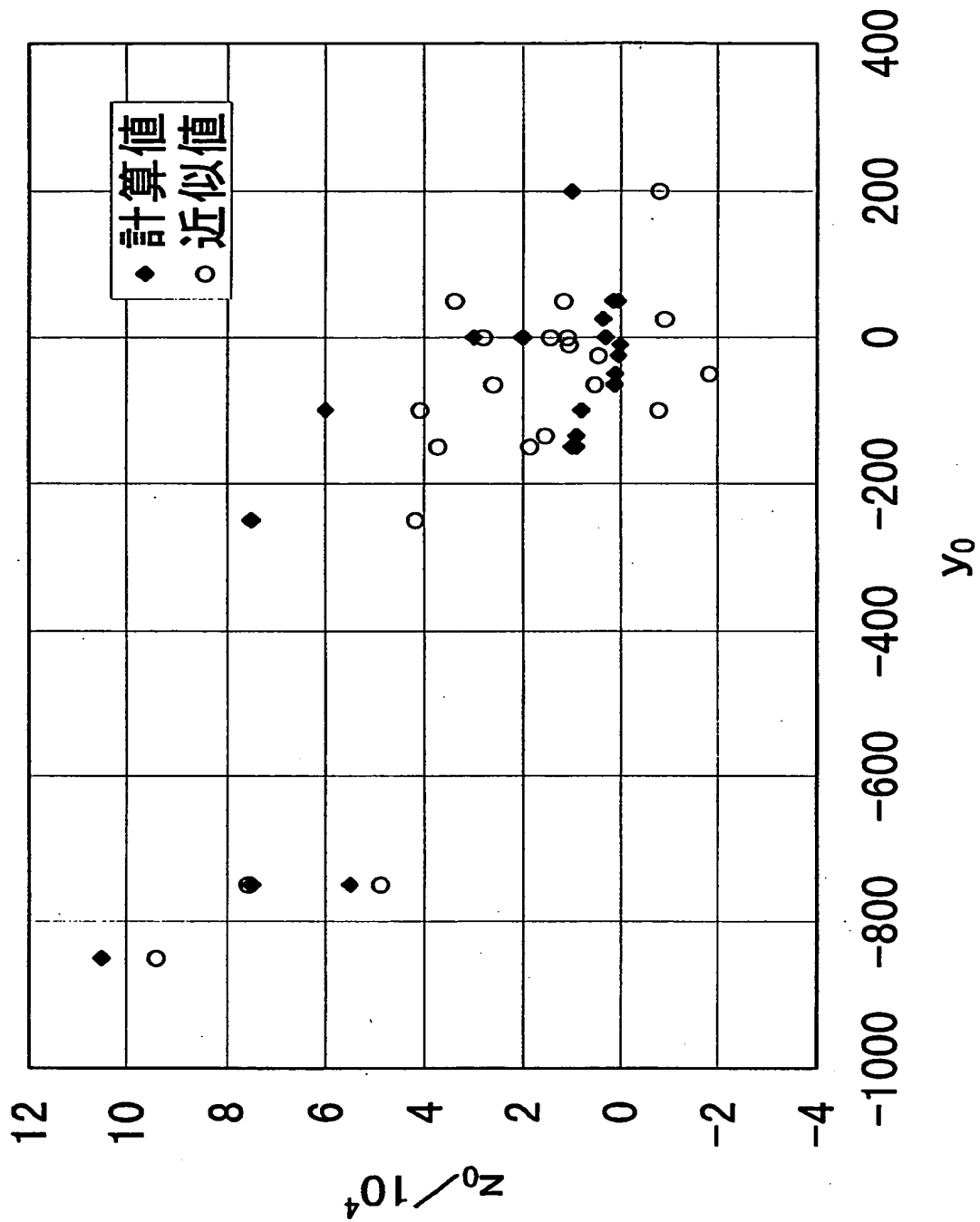
【図8】



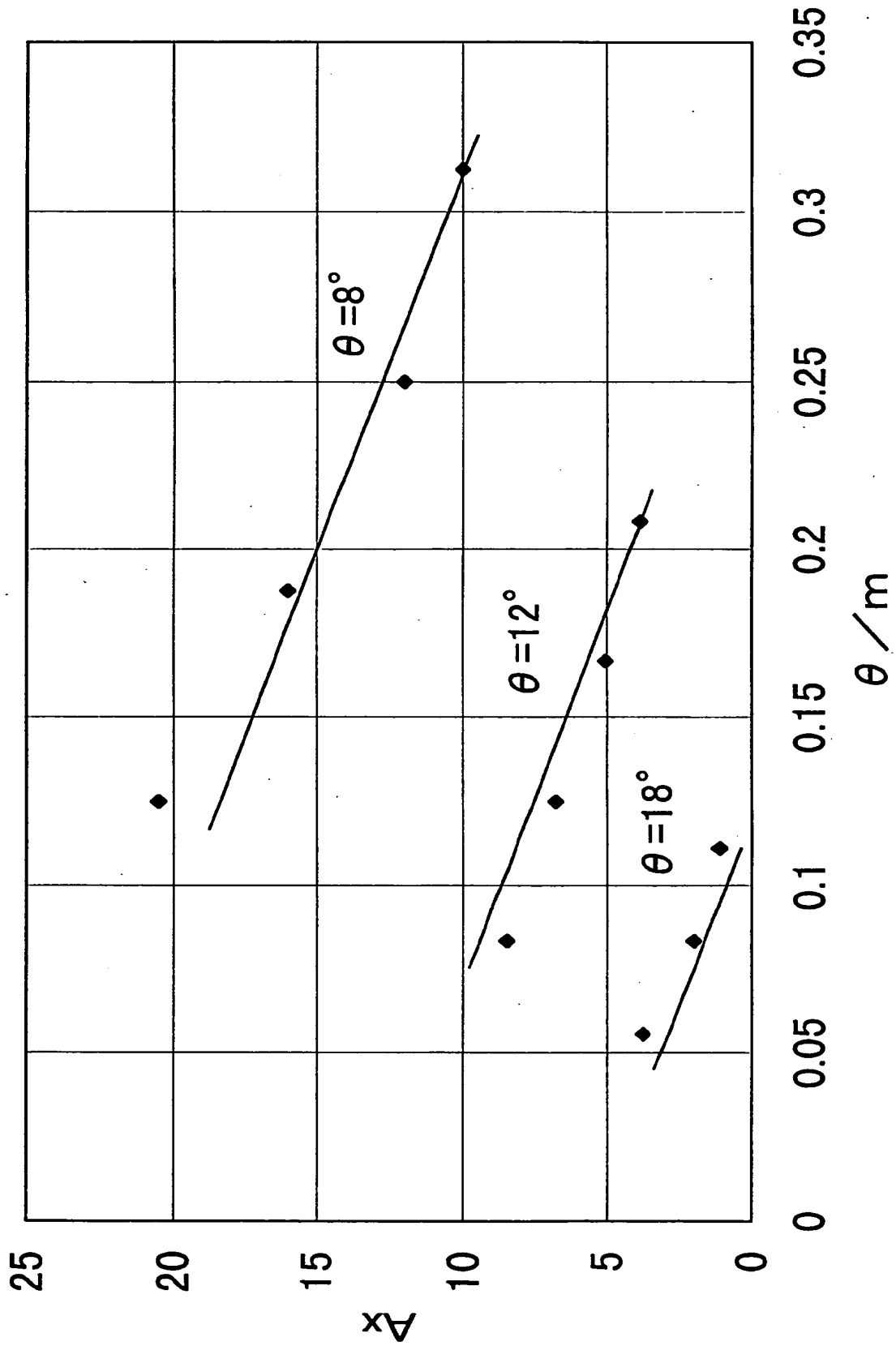
【図9】



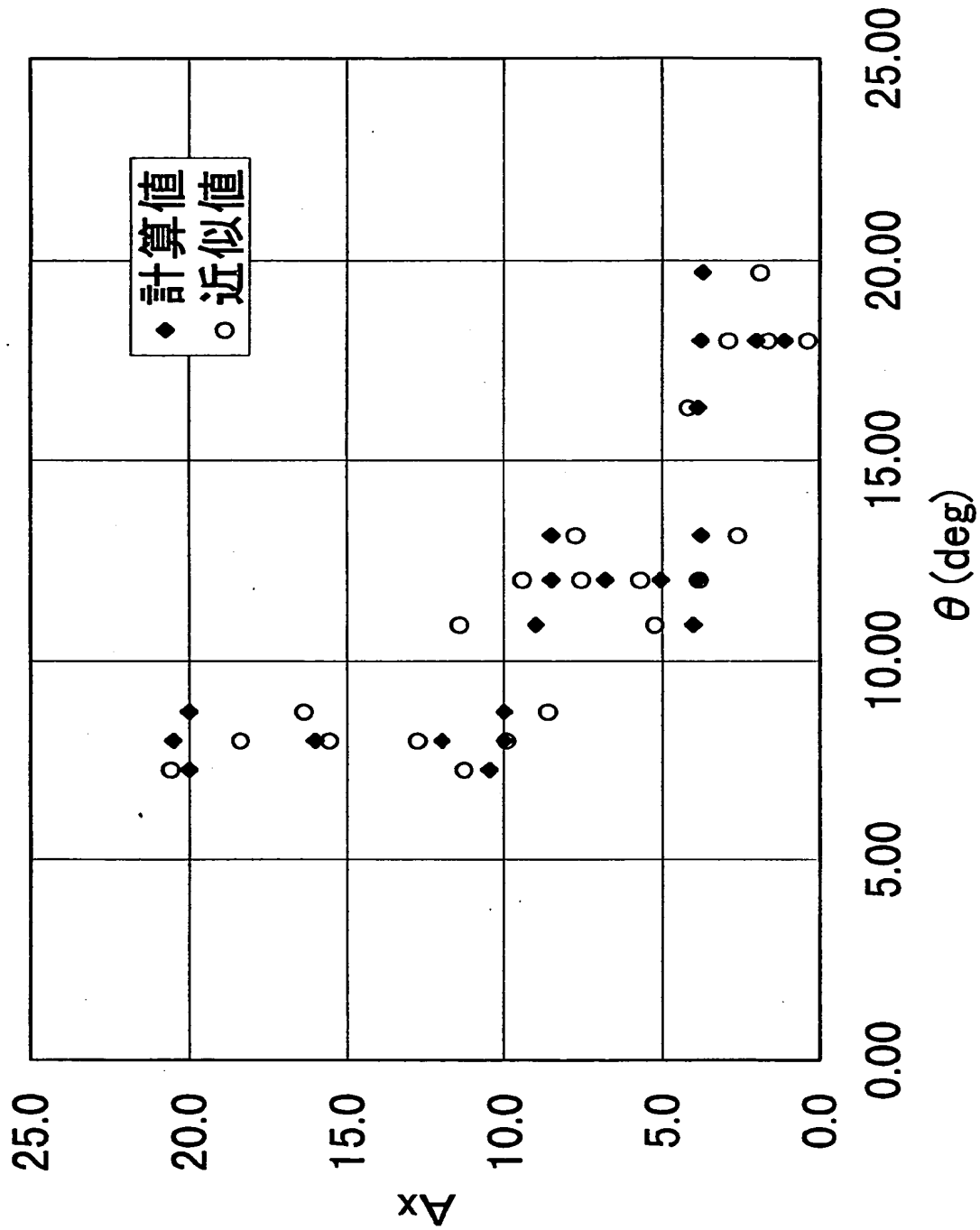
【図10】



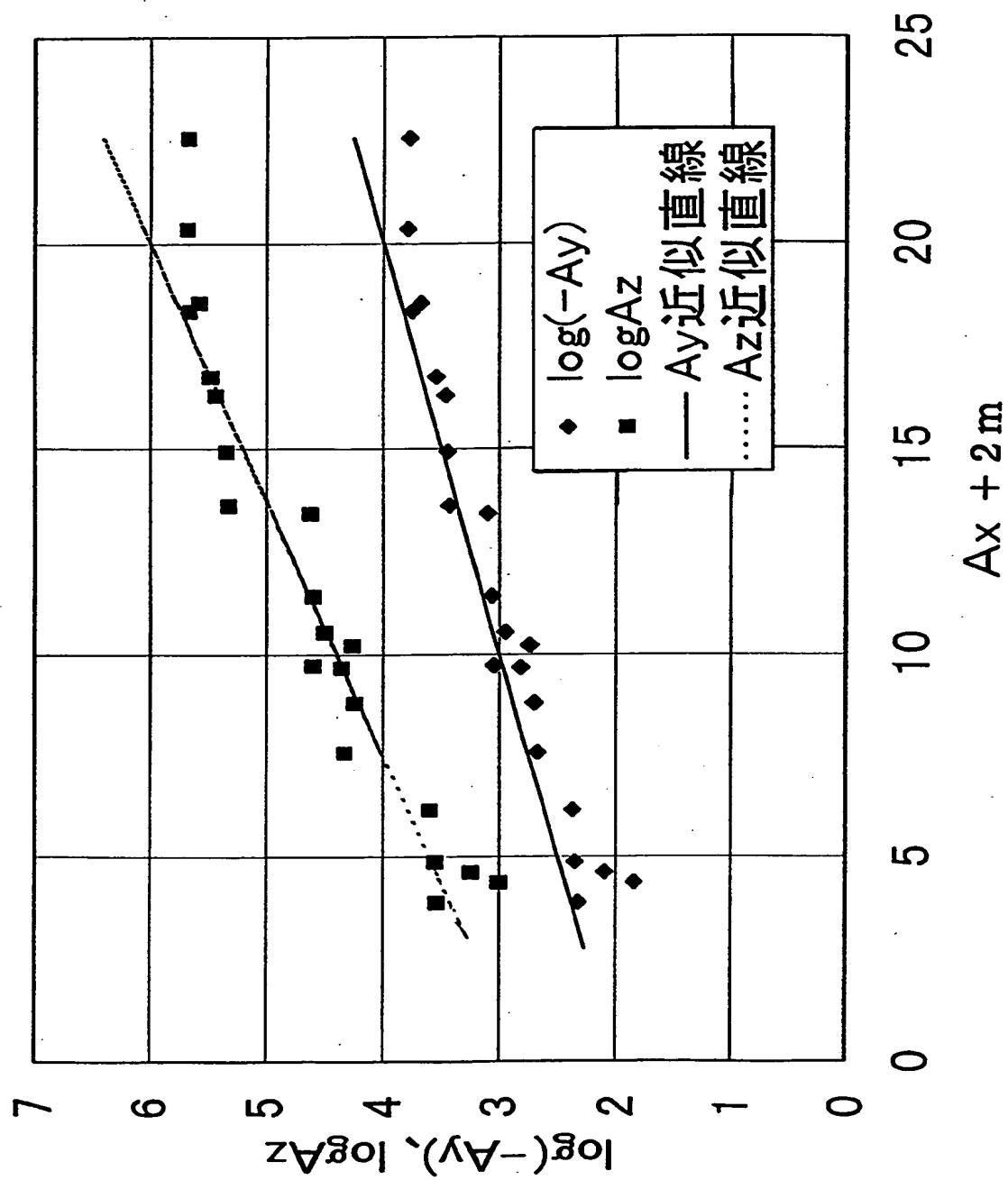
【図 11】



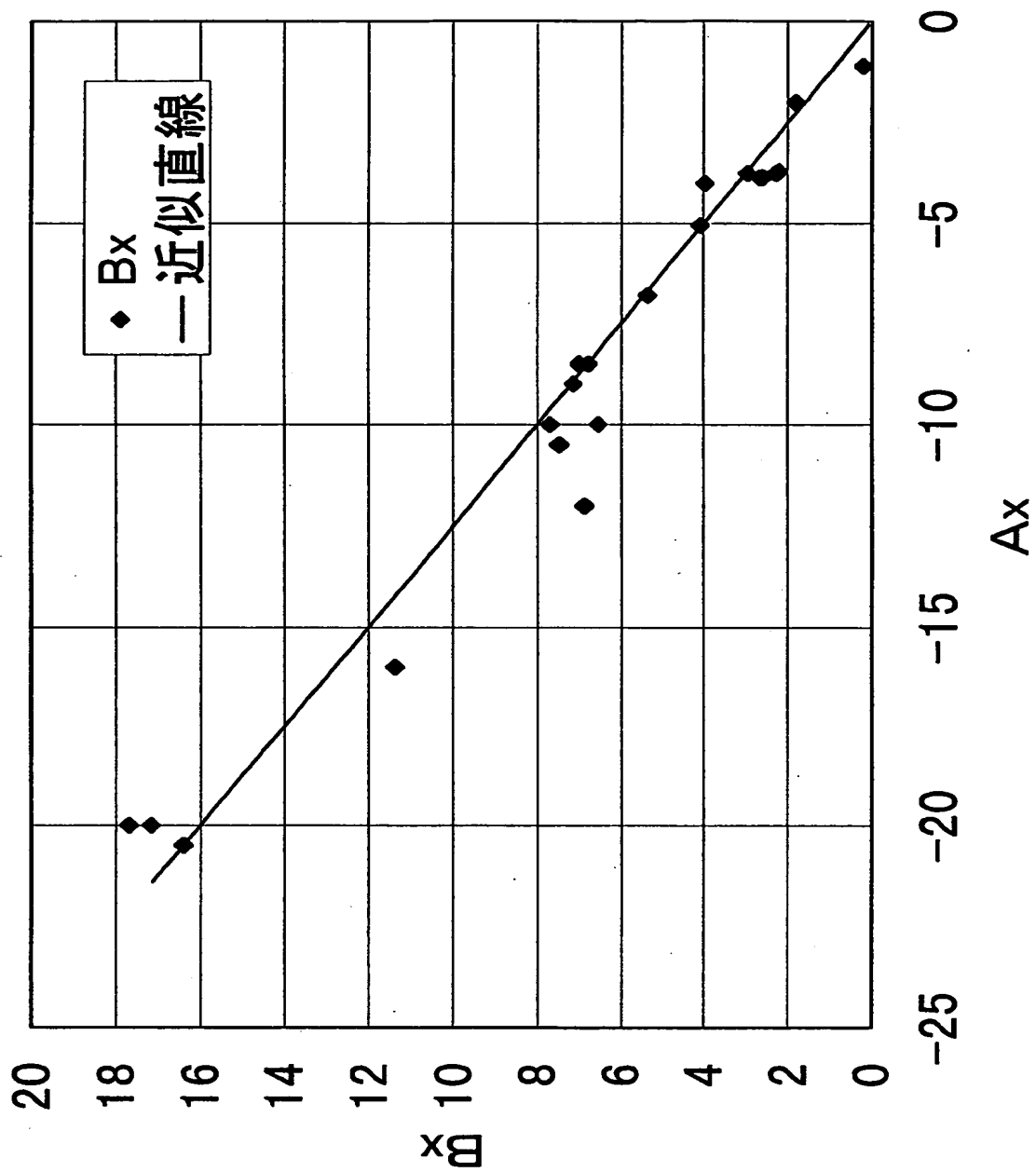
【図12】



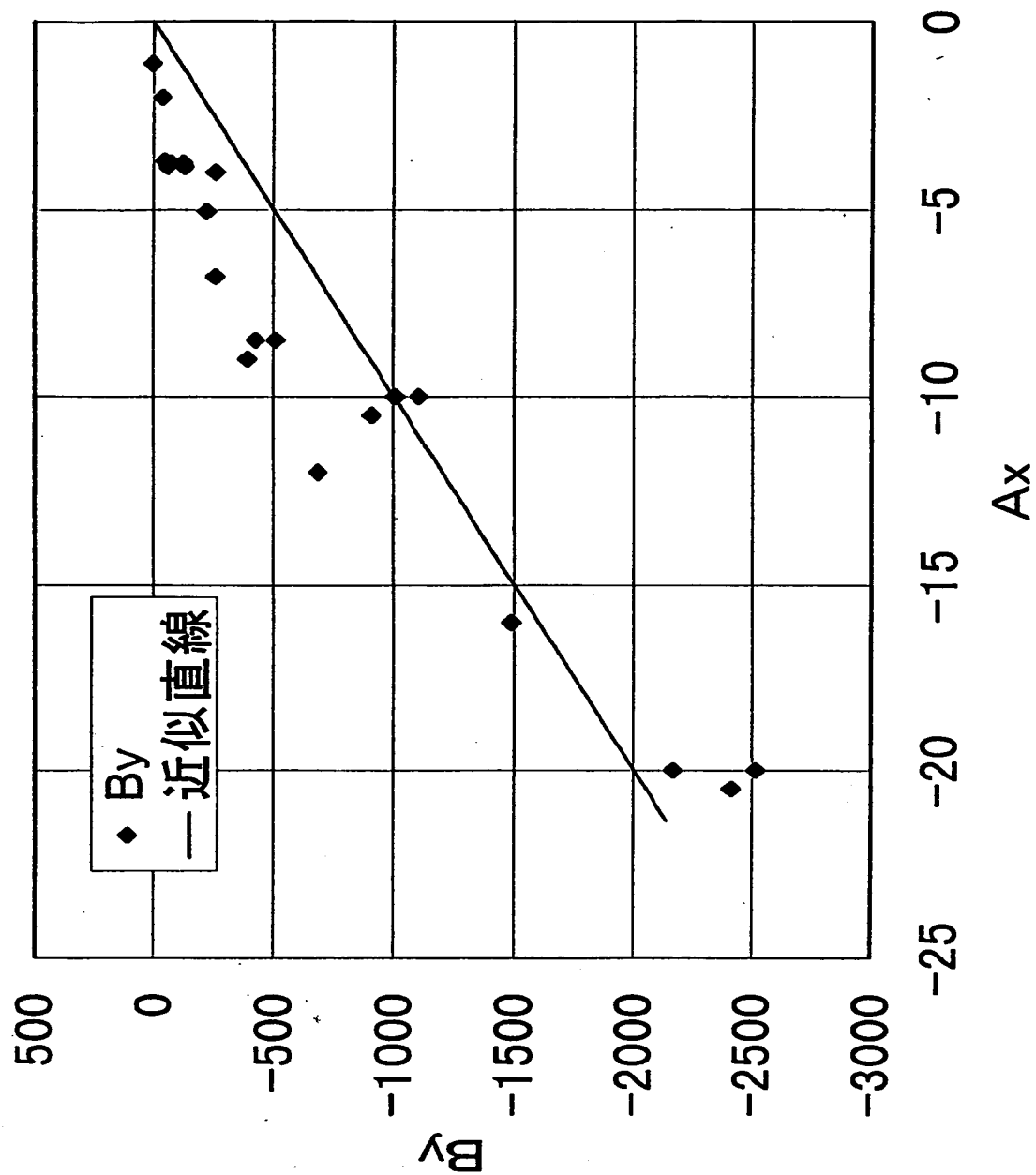
【図13】



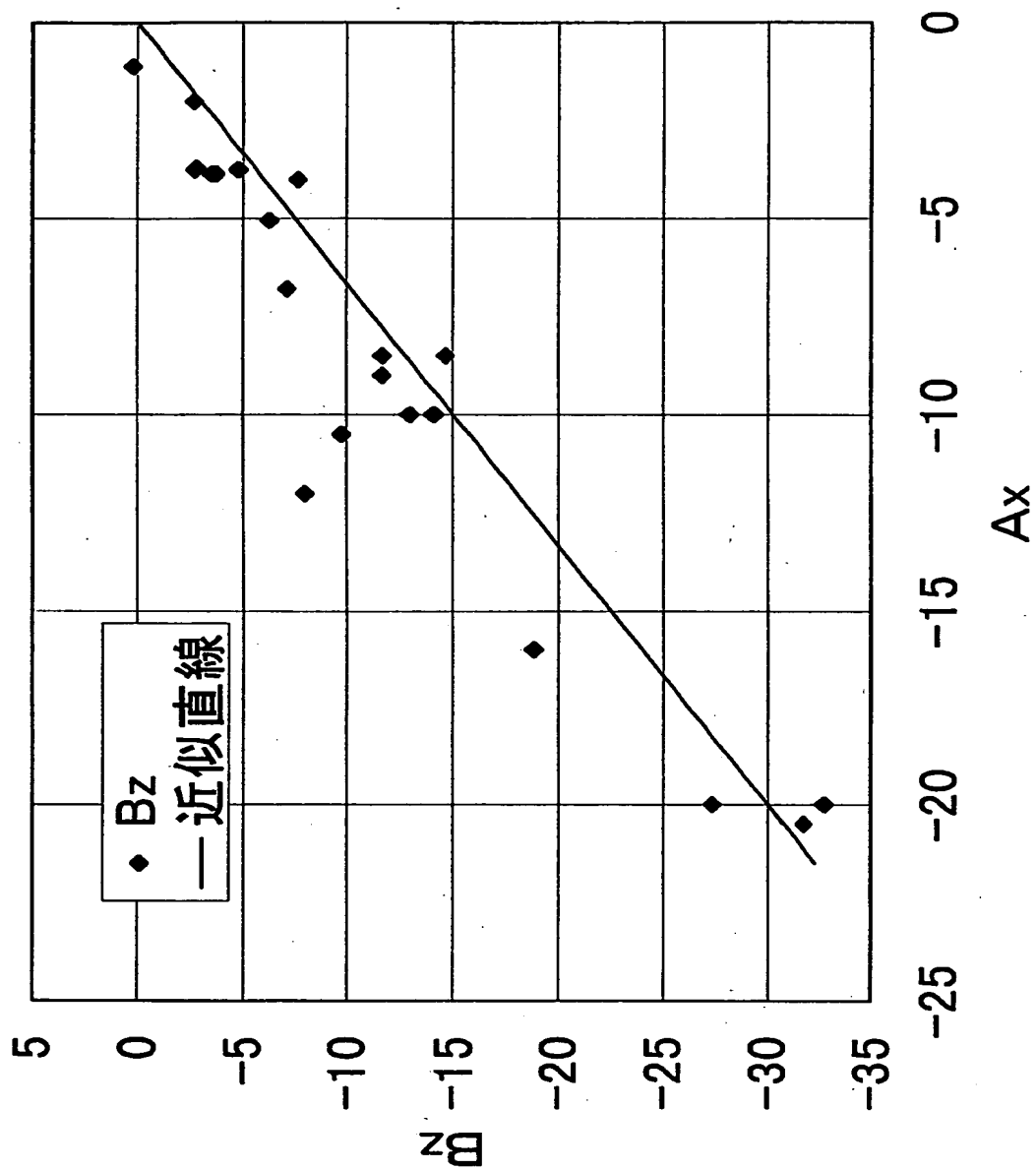
【図14】



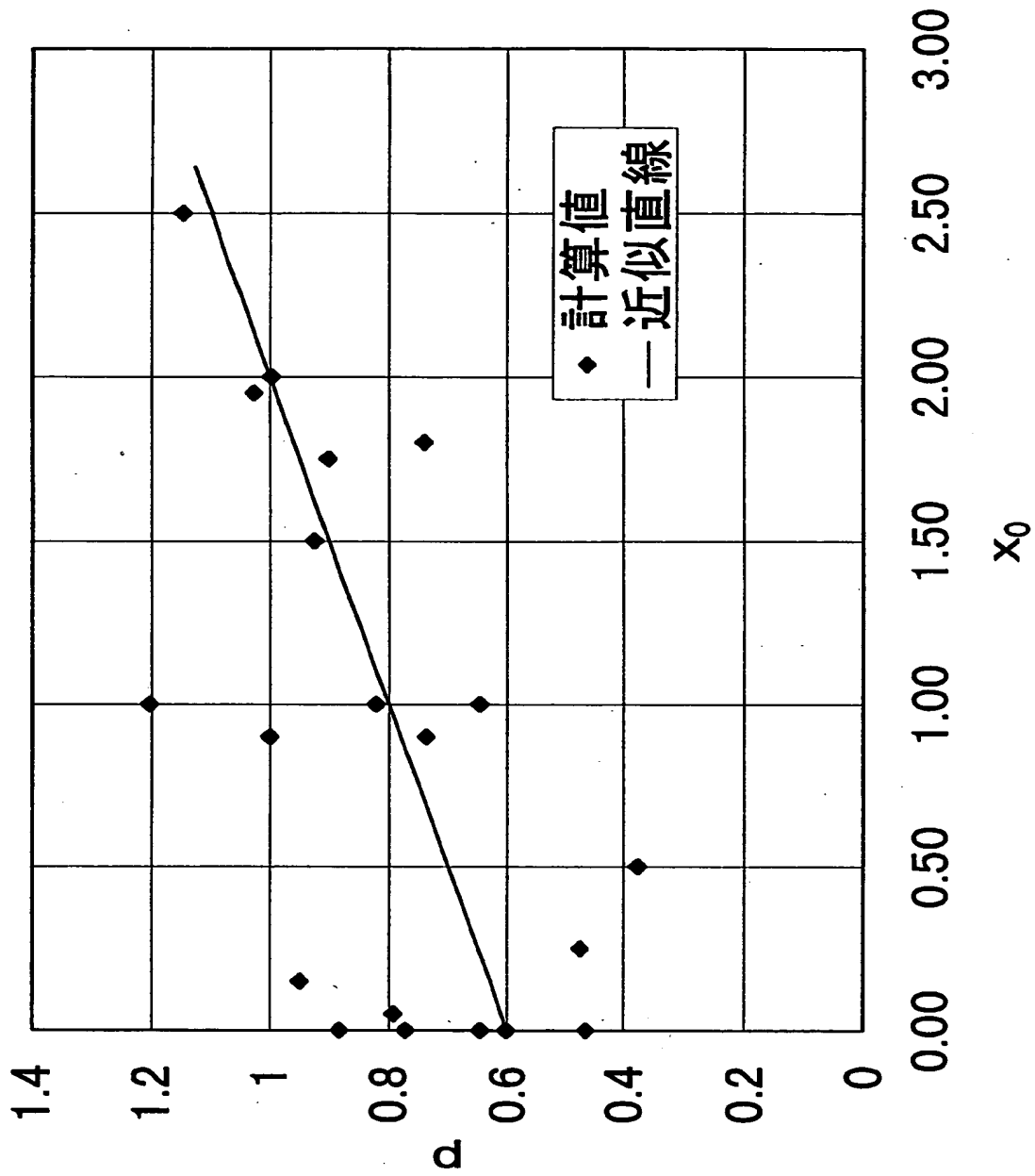
【図15】



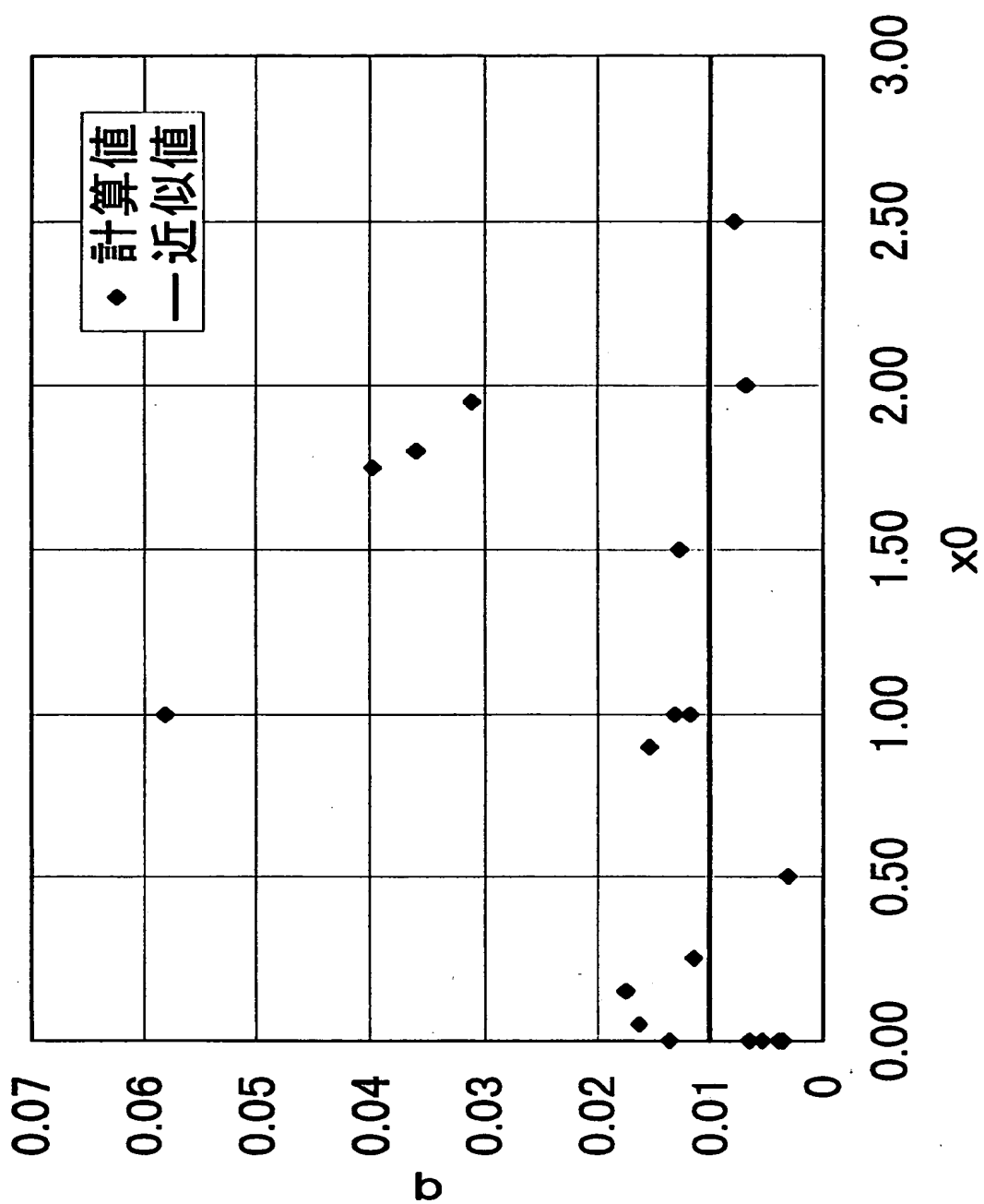
【図 16】



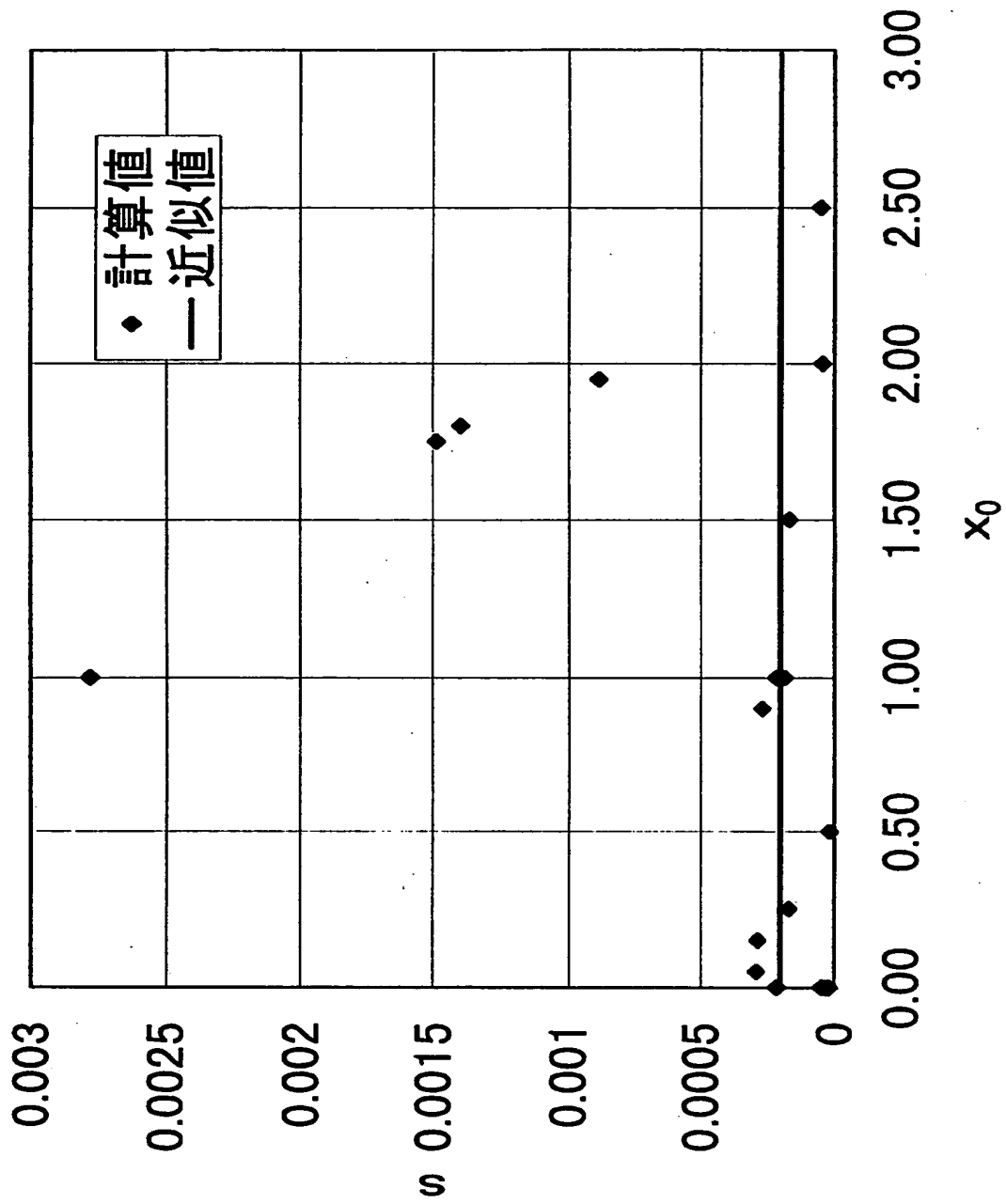
【図17】



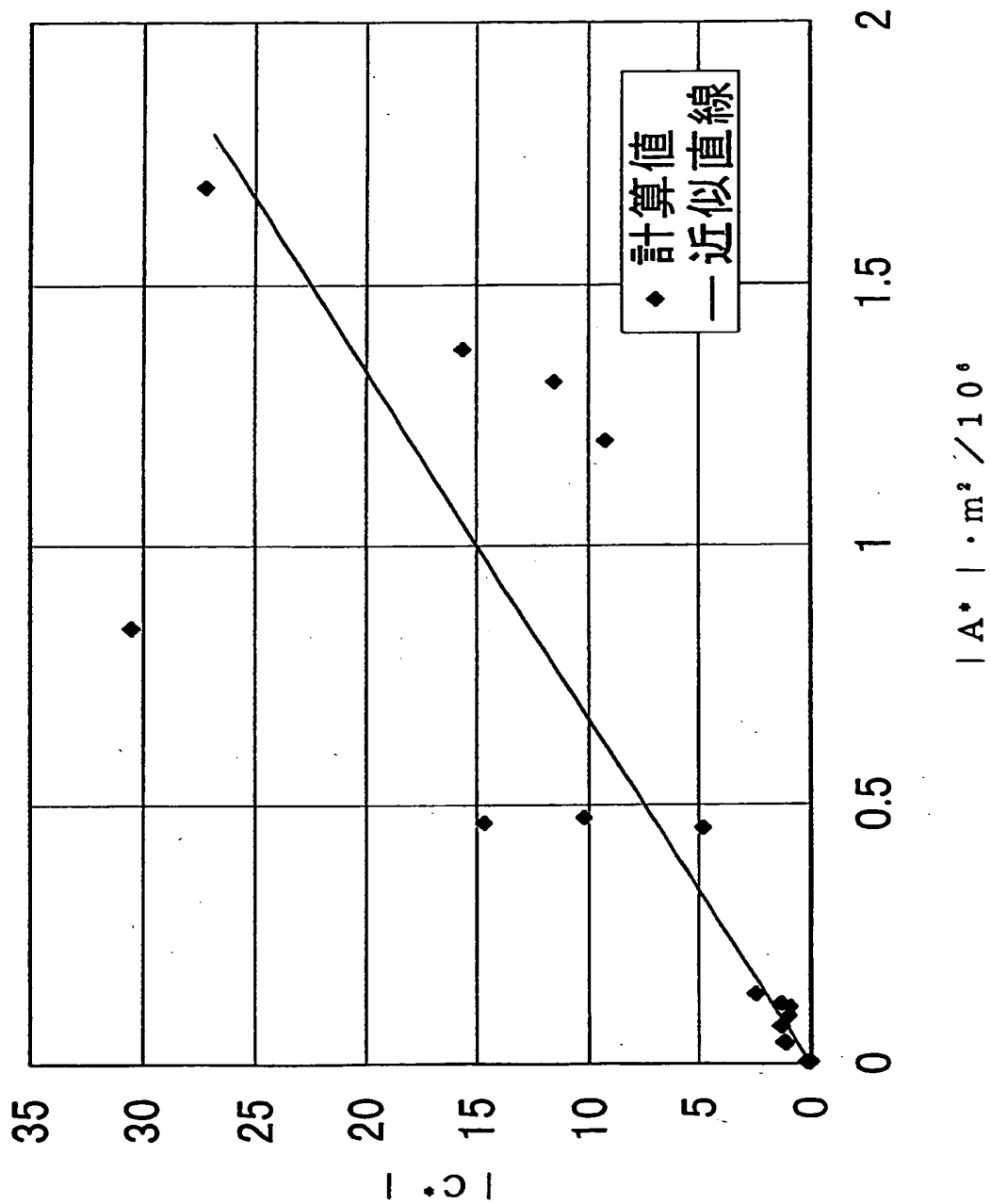
【図18】



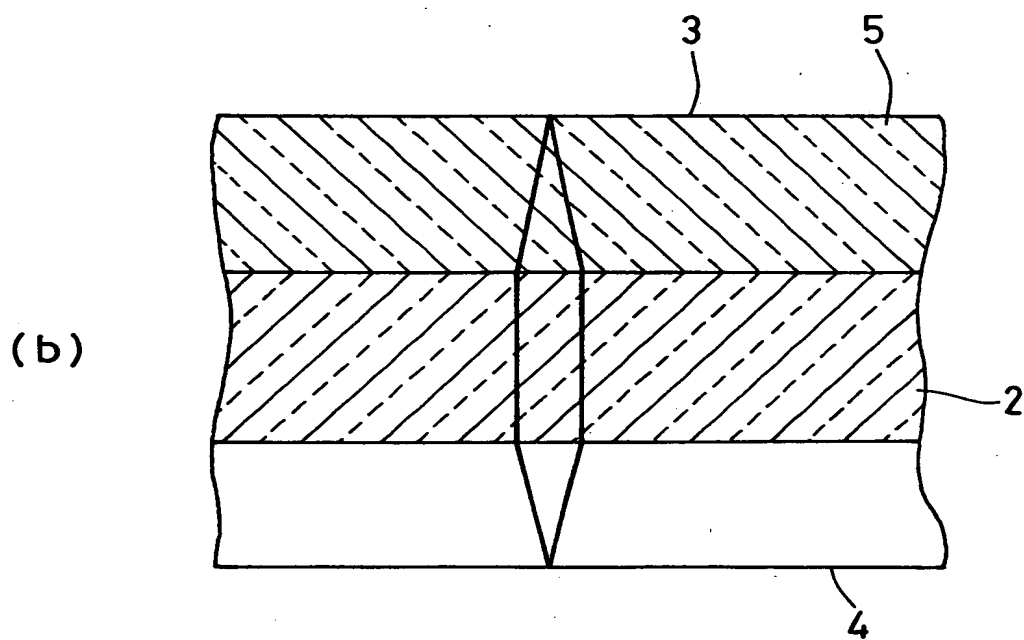
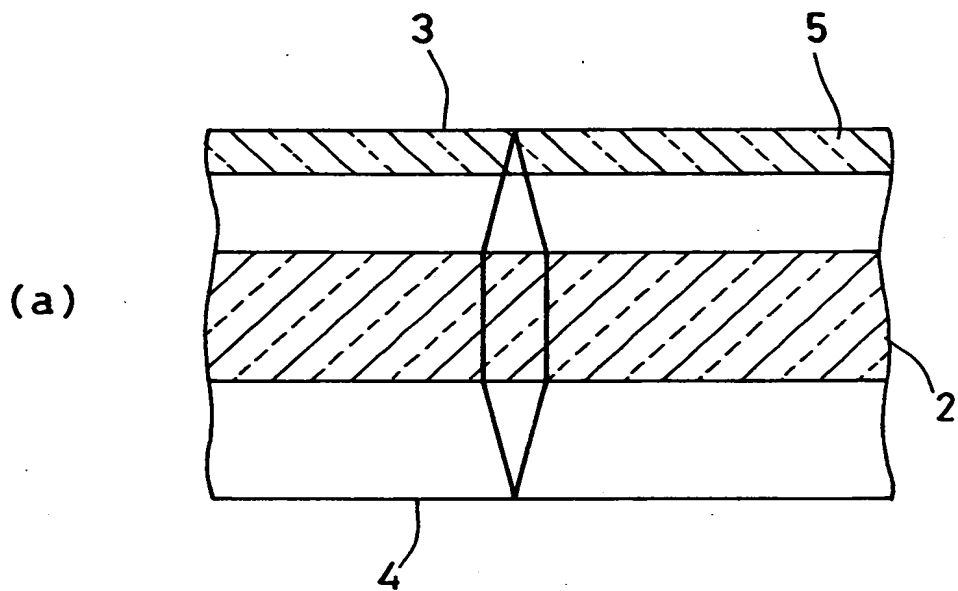
【図19】



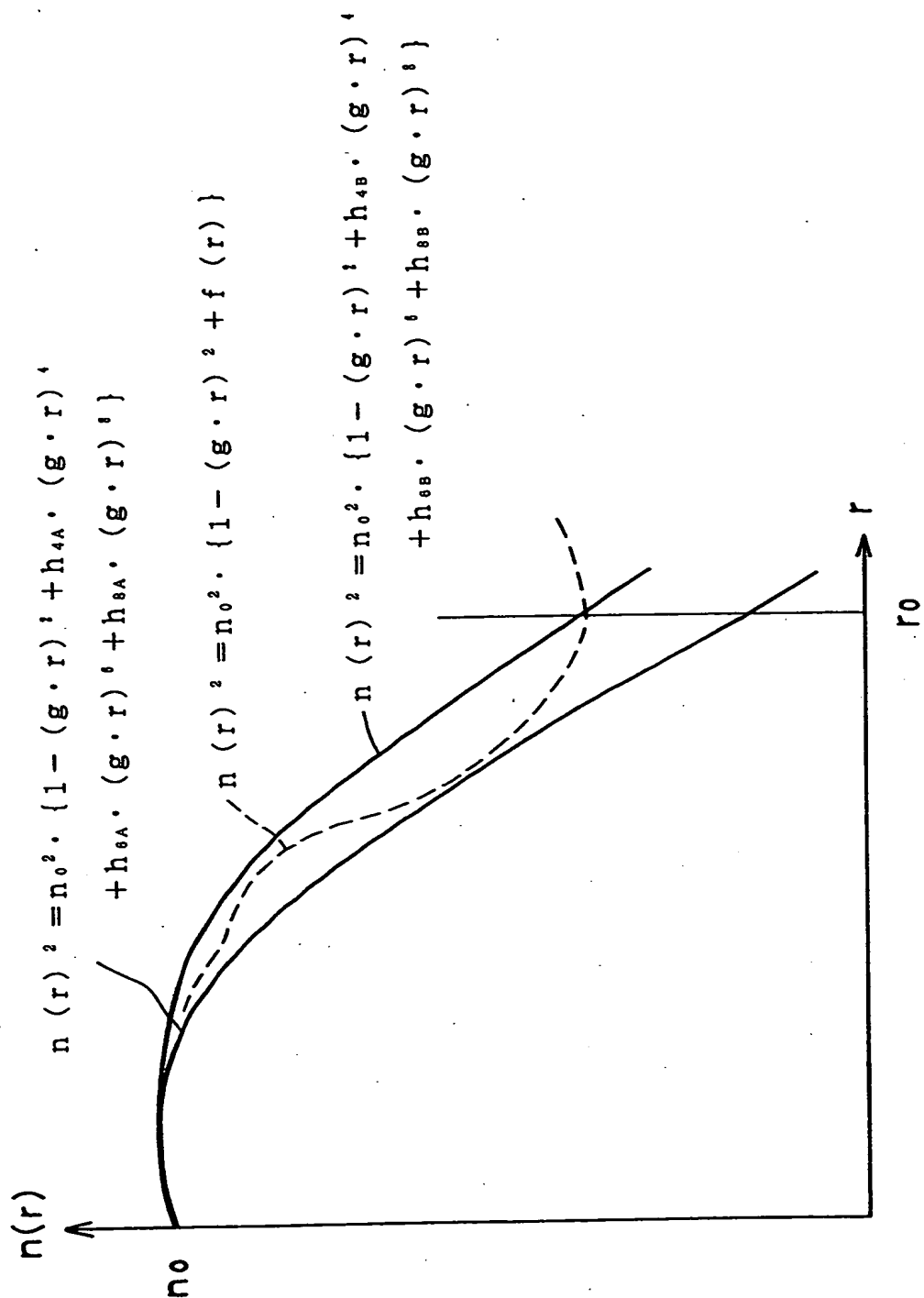
【図20】



【図21】



【図 22】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 ロッドレンズアレイを備え、高解像力を得るための最適な屈折率分布を有する結像光学装置を実現する。

【解決手段】 ロッドレンズの光軸から測った径方向の距離を r 、ロッドレンズの光軸上での屈折率を n_0 、屈折率分布係数を g 、 h_4 、 h_6 、 h_8 として、ロッドレンズの屈折率分布を下記（数 4 5）のように表記する。そして、屈折率分布係数 h_4 、 h_6 、 h_8 を、 h_4 を x 軸、 h_6 を y 軸、 h_8 を z 軸とする直交座標における回転楕円体上に設定する。直交座標の原点から回転楕円体の中心に至るベクトルを O^* 、回転楕円体の長軸方向、中軸方向、短軸方向のベクトルをそれぞれ A^* 、 B^* 、 C^* として、回転楕円体を下記（数 4 6）によって表記されるベクトル X^* で規定する。

【数 4 5】

$$n(r)^2 = n_0^2 \cdot \{ 1 - (g \cdot r)^2 + h_4 \cdot (g \cdot r)^4 + h_6 \cdot (g \cdot r)^6 + h_8 \cdot (g \cdot r)^8 \}$$

【数 4 6】

$$X^* = (x, y, z) = O^* + k_A A^* + k_B B^* + k_C C^*$$

$$k_A^2 + k_B^2 + k_C^2 \leq 1$$

【選択図】 なし

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000004008]

| | |
|----------|---------------------|
| 1. 変更年月日 | 2000年12月14日 |
| [変更理由] | 住所変更 |
| 住 所 | 大阪府大阪市中央区北浜四丁目7番28号 |
| 氏 名 | 日本板硝子株式会社 |